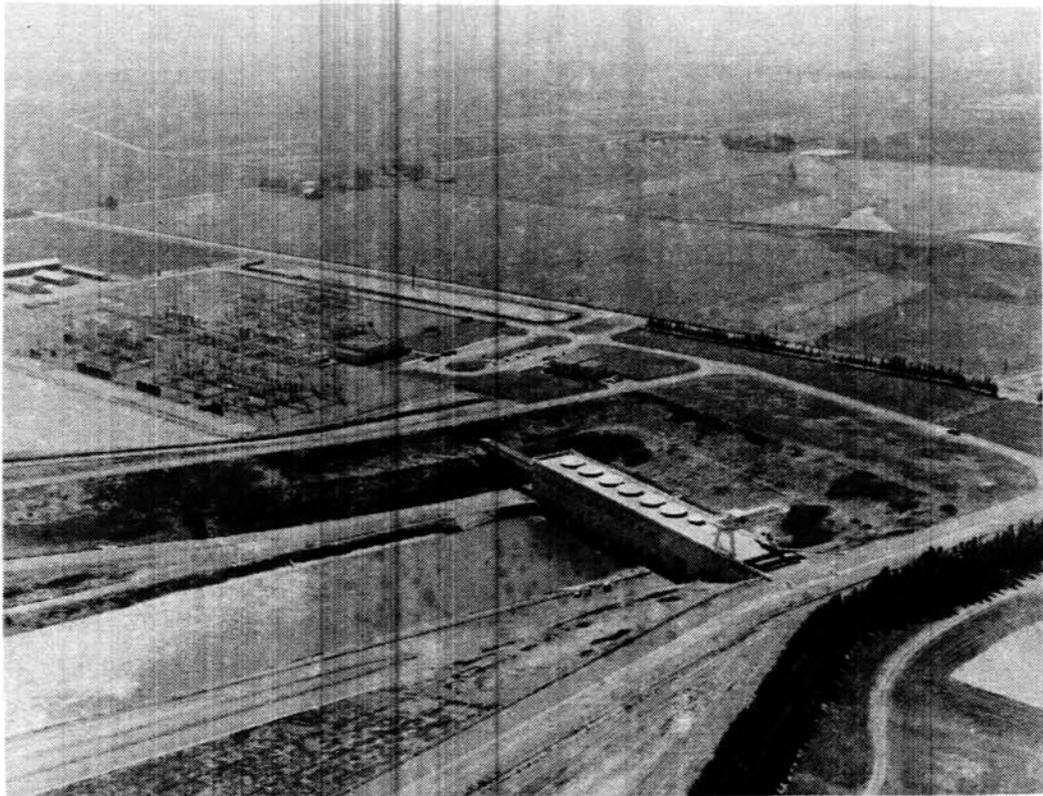


EXPLORACION Y MANTENIMIENTO HIDRAULICO

BOLETIN NO. 157

Septiembre de 1991



EN ESTE NUMERO:

Métodos de reparación de daños por cavitación en superficies metálicas

Se utiliza espuma activada por agua para tapar fugas en una presa en Texas

Teléfonos celulares

Excave un hoyo para amortiguar el ruido del bombeo

Como desembarazar un sitio infestado por murciélagos

Reconociendo el valor de los murciélagos

Inundación en la planta de bombeo Tracy

Investigaciones del Bureau of Reclamation sobre instalaciones de transporte de agua

**UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF RECLAMATION**

El Boletín de Explotación y Mantenimiento Hidráulico es una publicación trimestral, presentada a los operadores de sistemas de abastecimiento de agua. Su objetivo principal es de servir de órgano para el intercambio de información para provecho del personal del Bureau of Reclamation y de los grupos de usuarios de agua en lo referente a la explotación y mantenimiento de las instalaciones hidráulicas.

A pesar de que se hacen todos los esfuerzos posibles para asegurar la exactitud y veracidad de la información presentada, el Bureau of Reclamation no garantiza ni se hace responsable por el uso, o mal uso, de la información contenida en este Boletín.

*** * * * ***

**Ferne Studer, Redactora Administrativa
Bill Bouley, Redactor Técnico
Marie L. Murphy, Traductora
Facilities Engineering Branch
Engineering Division
Denver Office, Code D-5210
PO Box 25007, Denver, CO 80225 EE.UU.
Teléfono: (303) 236-8087 (FTS 776-8087)**

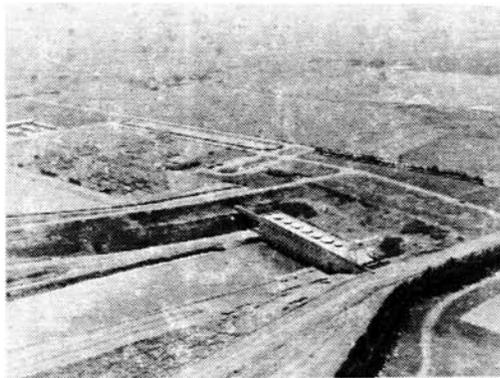


Foto en la portada:

**La Planta de Bombeo
Tracy. Vista aérea de
la planta, playa de
distribución y edificio
de control. San Luis
Unit--Delta Division
Central Valley Project,
California**

Toda información contenida en este Boletín referente a productos comerciales no se puede usar con propósitos promocionales o publicitarios, y no se debe considerar como el respaldo del Bureau of Reclamation de ningún producto o compañía.

CONTENIDO

BOLETIN DE EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO HIDRAULICO

No. 157

SEPTIEMBRE DE 1991

	Página
Métodos de reparación de daños por cavitación en superficies metálicas	1
Se utiliza espuma activada por agua para tapar fugas en una presa en Texas	15
Teléfonos celulares.	18
Excave un hoyo para amortiguar el ruido del bombeo. .	21
Como desembarazar un sitio infestado por murciélagos. .	23
Reconociendo el valor de los murciélagos	25
Inundación en la planta de bombeo Tracy	27
Investigaciones del Bureau of Reclamation sobre instalaciones de transporte de agua.	39

MÉTODOS DE REPARACION DE DAÑOS POR CAVITACION EN SUPERFICIES METALICAS

por Joseph P. Martino¹

Por toda la historia del Bureau of Reclamation, la prevención y reparación de daños causados por la cavitación a superficies de metal ha sido una parte integral de sus actividades de mantenimiento. La pérdida de material que resulta de la cavitación cuesta miles de dólares en reparaciones y paros de servicio cada año; por lo tanto, el Bureau busca y evalúa constantemente nuevas y perfeccionadas técnicas de reparación para obtener mejores resultados de larga duración. La selección de materiales y procedimientos de reparación afectan mucho el éxito relativo de una reparación y dependen de una variedad de factores, incluso accesibilidad, ventilación, tipo y condiciones del material de base, condiciones climáticas (temperatura y humedad), condiciones de saturación (debida a fugas en las compuertas), y un período aceptable de suspensión de servicio. Puesto que muchos distritos de riego no están en operación durante los meses de invierno, el tiempo de paro para efectuar reparaciones no es típicamente un problema, pero las condiciones climáticas y la disponibilidad de personal puede afectar mucho la decisión de cuándo y cómo efectuar las reparaciones. Por otro lado, para incrementar los beneficios de la generación de energía, es deseable mantener el funcionamiento de las unidades hidroeléctricas por todo el año, por cuanto es difícil calcular cuándo sería el mejor período de paro. Todos estos factores influyen sobre la selección del método de reparación.

Un cuestionario fue enviado a las oficinas regionales del Bureau of Reclamation en agosto de 1990 para averiguar qué métodos ya ensayados, así como técnicas nuevas, el personal de campo del Bureau utilizaba en estos tipos de reparaciones. Las oficinas regionales, a su vez, distribuyeron este cuestionario a sus respectivas dependencias. El enfoque del presente artículo es el de resumir las respuestas a estos cuestionarios, proveer información sobre nuevos desarrollos y presentar algunas conclusiones generales acerca de las técnicas de reparación de los daños causados por la cavitación. Un resumen de la mayoría de las respuestas a la encuesta se presenta en las hojas que siguen al presente artículo.

Este artículo no intenta servir de pauta en el uso de los métodos y materiales presentados aquí. Existe amplia literatura tocante al uso y debidas técnicas para la aplicación de estos materiales. Esas publicaciones incluyen instrucciones de los fabricantes, el manual y las normas de la sociedad de soldadores American Welding Society (AWS); el guía "Cavitation Pitting Mitigation in Hydraulic Turbines"

¹Ingeniero mecánico en la Facilities Engineering Branch, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, U.S.A.

(Mitigación de picaduras por cavitación en las turbinas hidráulicas) EPRI AP-4719 del Electric Power Research Institute (Instituto de investigaciones sobre energía eléctrica); el volumen FIST 2-5 del Bureau of Reclamation "Turbine Repair" [1]² y otras publicaciones técnicas. Aunque algunas de estas publicaciones tratan específicamente de la reparación de turbinas, las técnicas detalladas pueden extrapolarse para uso en otras superficies metálicas.

Métodos y Materiales

Existen dos categorías básicas de materiales que se usan actualmente para reparar los hoyos causados por la cavitación en las superficies metálicas. Estos materiales pueden agruparse en categorías de material fundido y no fundido. Otros métodos incluyen el reemplazo de ciertas piezas con piezas nuevas fabricadas con materiales más resistentes a la cavitación, así como la soldadura de grandes placas sólidas donde haya fuerte deterioro por cavitación.

Reparaciones por fundición

El uso de materiales fundidos, mejor conocido como reparaciones por soldadura, es el más común y, hasta la fecha, el método que más éxito ha tenido para reparar los daños causados por la cavitación [1]. Una reparación incluiría típicamente la limpieza por arco de la parte dañada hasta alcanzar metal sano, llenando hasta 10 mm de la superficie original con un material de soldar de acero del tipo blando (por ejemplo, electrodo E7018), rellenando el resto con un acero inoxidable austenítico de la serie 300, y alisándolo hasta el contorno original. La sobrecapa exterior de acero inoxidable tiende a ser más resistente a la cavitación que el acero suave. Sin embargo, el acero suave puede servir para la completa reparación de una superficie, metálica, pero por lo general su durabilidad depende de la eliminación de la causa del daño (por ejemplo, una discontinuidad en la superficie). El uso del acero suave también puede ser mucho más económico, según la cantidad de materiales que se necesite. Se han desarrollado nuevos materiales de soldadura, concebidos para uso en lugar de la sobrecapa de acero inoxidable. Estos materiales, aceros inoxidables austeníticos de cobalto de alta resistencia, se dicen ser de 2 a 10 veces más duros que el acero inoxidable y poseen altas propiedades de resistencia al desgaste, sin dejar de ser tan fáciles de alisar como el acero inoxidable AISI Tipo 308. Uno de estos materiales, Stody Hydrology H0913, había sido utilizado para reparar los rotores de turbinas en la presa Hoover y ha resistido bien, pero estas reparaciones fueron realizadas hace poco tiempo, por cuanto no se conoce su durabilidad a largo plazo. Este material parece ser prometedor para uso en superficies erodadas por cavitación muy fuerte. El acero inoxidable de manganeso-silicio, Nitronic 60, fue

²Véase las Referencias al final de este artículo.

utilizado en la central hidroeléctrica J. F. Carr con éxito, pero estas reparaciones también se realizaron hace apenas 2 años. Las reparaciones en los rotores de turbinas en la central Hungry Horse, usando este material como una sobrecapa encima de una soldadura de acero suave, han durado de 4 a 8 años.

Las reparaciones por soldadura son relativamente duraderas y normalmente eficaces, en un promedio, por un período de aproximadamente 4 años. Si las fuentes de cavitación se eliminan del sistema, estas reparaciones pueden durar indefinidamente. Sin embargo, muchas veces esto no es posible puesto que la causa de la cavitación (por ejemplo, una discontinuidad) es típicamente una parte integral del equipo o de los requerimientos de operación. Las áreas próximas a las nuevas soldaduras pueden repararse fácilmente usando métodos similares, sin tener que remover el material de previas reparaciones, como puede suceder con materiales no fundidos. El costo más elevado de las reparaciones por soldadura, al compararse con el uso de materiales no fundidos, suele compensarse por la durabilidad de la reparación y los períodos más cortos de paro de servicio para reparaciones e inspecciones durante varios años.

Las reparaciones con soldadura no dejan de tener ciertas desventajas y su utilización es generalmente más complicada que el uso de materiales no fundidos. Frecuentemente, es difícil determinar la composición del metal original a no ser que las especificaciones de fábrica o los resultados de pruebas de laboratorio estén disponibles. Esta composición afectará otros factores tales como el tiempo de precalentamiento y la temperatura, selección de electrodos y la máxima temperatura del interpaso. Ciertos materiales, tales como el hierro fundido y el bronce no pueden repararse eficazmente con soldadura. Otros factores tales como la humedad, punto de rocío, preparación de la superficie, y la pericia del soldador, todos afectarán la solidez de la reparación. Asimismo, el tiempo necesitado para instalar el equipo, asegurar una ventilación adecuada para la seguridad del personal, o un acceso difícil al área a repararse, también pueden limitar el uso de reparaciones con soldadura. El alabeo y agrietamiento también pueden ser productos secundarios desfavorables de la soldadura. Finalmente, la zona afectada por el calor puede quedar recocida durante el proceso de soldadura, haciéndola más vulnerable a la cavitación.

Reparaciones con materiales no fundidos

Los materiales no fundidos son a veces más baratos y más fáciles de utilizar que la soldadura. Los materiales no fundidos incluyen los epoxies, cerámicas, rociado metálico [2], y capas de neopreno y uretano. Los más populares son los compuestos de epoxi con nombres de marca tales como Belzona y Devcon. Estos y muchos

otros productos similares actualmente disponibles en el mercado han sido utilizados con un éxito limitado. Se sabe de reparaciones hechas usando epoxies que han durado menos de un año bajo aplicaciones de alta carga, aunque la duración promedio es de aproximadamente 2,5 años. Sin embargo, al igual que las reparaciones con soldadura, si la causa de la cavitación se remueve, las reparaciones con epoxies pueden durar indefinidamente. La preparación de la superficie es muy importante cuando se usan estos compuestos y se debe atener estrictamente a las instrucciones del fabricante para poder lograr los mejores resultados posibles. La preparación de la superficie recomendada por la mayoría de los fabricantes incluye limpieza por chorro de arena de la parte dañada hasta alcanzar "metal blanco", limpieza con algún tipo de disolvente y control de la temperatura del metal de base y de la humedad de la superficie. Se requiere también una buena ventilación al usar epoxies, aunque el volumen y tipos de vapores producidos no son tan fuertes como los de la soldadura. Generalmente, el uso de epoxies cuesta menos que la soldadura. Estos compuestos se utilizan sobre todo como un relleno provisional y se considerarán a menudo como "superficies perdidas". Los epoxies suelen usarse cuando falta el tiempo o un buen acceso, o los metales de base no se prestan para reparaciones con soldadura.

La mayor desventaja en el uso de un material no fundido es la relativamente baja fuerza de adherencia lograda entre este material y el metal original. Aunque la resistencia puede incrementarse usando técnicas recomendadas, no puede alcanzar la solidez de una soldadura. Durante una reparación por soldadura, el interfaz entre el material de soldadura y el metal de base se derrite y resolidifica durante el proceso. Por otro lado, los compuestos de epoxies se basan más en una acción de "pegadura". La adhesión formada en el interfaz está sujeta a degradación bajo las extremadas fuerzas de la cavitación. Los epoxies también se vuelven duros y frágiles después de curar, por lo que no deberían de usarse en superficies de tensión flexoral. Los epoxies pueden presentar problemas si una superficie en que fueron utilizados ha de ser posteriormente reparada con soldadura. Estos compuestos se queman y producen vapores tóxicos si están expuesto a una llama de soldador y engoman rápidamente las ruedas moledoras; por lo tanto, cualquier pedazo que quede de este compuesto deberá ser cincelado a mano, un proceso fastidioso que requiere mucho tiempo.

Reemplazo o Reparaciones

Resulta muchas veces ser más barato y fácil reemplazar piezas tales como pequeños codos de tubería, alcachofas y otros equipos secundarios que tratar de repararlos. Sin embargo, ciertas piezas tales como anillos selladores de turbinas y asientos de compuertas deslizantes son concebidos para ser reemplazados una

vez acabada su vida útil. De estar una superficie muy erodada por cavitación, se le puede aplicar, después de las debidas preparaciones, una placa sólida para llenar el hueco. Es importante utilizar concentraciones de soldadura penetrante para detener la placa en su lugar y para reducir cualquier flexión en la misma [1]. Todo hueco que quede detrás de la placa debe también llenarse con un compuesto apropiado.

Estudio de Casos

Se presentan varios casos a continuación para ilustrar los métodos de reparación utilizados en el campo.

La Central de aprovechamiento hidroeléctrico Hungry Horse

Los miembros del personal de mantenimiento en la Oficina del Proyecto Hungry Horse anotaron en su cuestionario que ellos habían ensayado el epoxi en la reparación de sus rotores de turbina Francis de 105.000 cf, pero que no duraba el epoxi en esta aplicación bajo altas cargas y, consecuentemente, utilizan únicamente reparaciones de soldadura en este tipo de aplicaciones. Sus procedimientos normales de reparación para daños de más de 6 mm de profundidad es de remover el metal dañado y rellenar hasta 6 mm de la superficie original con varilla de soldar de acero suave E7018. De necesitarse mucho alisamiento, el resto se rellena con varilla de soldar de acero suave E309. En áreas de mucho daño y/o donde no se anticipa mucho alisamiento, se utiliza el acero inoxidable Nitronic 60 como capa exterior. Estas reparaciones pueden durar de 4 a 8 años y son muy similares a las que se presentan en el FIST Vol. 2-5 .

La Presa Arrowrock

Los asientos de acero y bronce más abajo de los sellos en las válvulas de aguja Ensign de 138 cm de diámetro en esta presa se reparan anualmente usando epoxi Devcon (Stock #10270). Las reparaciones de soldadura aquí son prácticamente imposibles de realizar debido a los materiales de base, la exposición de las válvulas a la intemperie, y el difícil acceso para el personal y los equipos. El epoxi se usa principalmente como una medida de emergencia o superficie gastable para prevenir mayores pérdidas del material de base. Aunque se suele lograr una buena adhesión, el epoxi no dura más que una sola temporada en esta aplicación bajo alta carga (30 metros).

La Presa Friant

En la presa Friant, un epoxi de resina (META-LOX de la National Chemsearch) se utiliza para reparar las válvulas de chorro hueco de 244 cm. Areas de menor daño de cavitación (de 6 mm a 9 mm de

profundidad) en los costillajes de hierro fundido y separadores de flujo, así como indentaciones y cortaduras en los asientos de manganeso-bronce se reparan usando este material. No se ha utilizado soldadura aquí debido a los tipos de materiales de base y porque la alta temperatura del precalentamiento tiende a despegar y combar el anillo de bronce. Las instrucciones del fabricante son sencillas y suelen proporcionar una adhesión satisfactoria. Las válvulas se reacondicionan cada 4 años.

La Central Seminole

En esta central, los alabes habían sido soldados en el interior de los tubos de aspiración fabricados de acero que se encuentran debajo de la línea normal del agua. Extensos daños por cavitación resultaron en las superficies del material aguas abajo de los alabes debido a las discontinuidades causadas por la corriente de agua. Los alabes fueron removidos y se limpiaron por arco las áreas dañadas. Luego se cortaron placas de acero enrollado del debido tamaño, que se soldaron usando electrodos E7018 y siguiendo las normas de la AWS. Cualesquier espacios que quedaban entre las nuevas placas y el hormigón existente fueron rellenados con Devcon Flexane 80, usando guarniciones de grasa y una pistola de engrasamiento. Se anticipa que las reparaciones durarán indefinidamente puesto que la causa de la cavitación ha sido eliminada.

La Central Hidroeléctrica Shasta

En esta central, el agua para enfriar los generadores proviene del canal de fuga, bombeada por eyectores de 6814 lit/min. Al desmontar una de estas bombas, se revelaron extensos daños de cavitación a los alabes giratorios en los codos de entrada y salida. Se fabricarán nuevos alabes de acero inoxidable, reemplazando a los alabes de acero de carbono. Estas bombas han estado en operación por 50 años, por lo cual se anticipa que las nuevas piezas durarán por el mismo número de años.

La Presa Lemon

En esta presa, el cuerpo inferior de cada una de las compuertas de alta presión de 70 cm por 70 cm exhibía daños significantes de cavitación. Estas áreas fueron limpiadas, preparadas y rellenadas con acero plástico Devcon A. Debido a la profundidad del daño, el compuesto de epoxi fue aplicado en capas y se le permitió curar de 24 a 48 horas bajo lámparas de calor. Después de completarse las reparaciones, se instalaron barras de orificio verticales a lo largo de los asientos laterales, entre la hoja de la compuerta y el área dañada. La instalación de estas barras permite al aire circular hacia abajo por detrás de los muros laterales, reduciendo las posibilidades de daños por cavitación [3]. Las barras reducen ligeramente el

coeficiente de descarga de las compuertas, pero han prolongado muchísimo la vida de estas reparaciones.

Conclusión

Existen muchos métodos y técnicas para la reparación de los daños de cavitación en las superficies metálicas. Es evidente que las condiciones del sitio, previas experiencias y el sentido común dictarán cual método será el menos costoso para una reparación eficaz. El lugar, progreso y gravedad del daño, las condiciones de operación y la carga son también factores importantes que considerar.

Por lo general, sería bueno pensar desde el principio en reparaciones con soldadura más que cualquier otro método. Si las condiciones del sitio son favorables, la reparación con soldadura dará resultados de mayor duración y más satisfactorios que otros métodos. Desde luego, los costos de reparación afectarán mucho esta decisión. Si las reparaciones con soldadura no son factibles, entonces otros materiales tales como epoxies deberán utilizarse como medidas de emergencia o "superficies perdidas" para proteger el metal de base. Puesto que los daños por cavitación se acumulan y establecen células de corrosión anódica y catódica en una superficie, la pérdida de material progresa rápidamente entre más tiempo se deja sin reparación. Por lo tanto, sería prudente reparar las áreas dañadas lo más pronto posible.

Antes y durante el proceso de reparación, se debe pensar seriamente en determinar modos de eliminar las causas de cavitación dentro del sistema. Esto puede variar de cosas tan simples como la eliminación de discontinuidades superficiales y la operación de los equipos dentro de gamas específicas, al recontorneo de las paletas de turbinas y la instalación de barras de orificio verticales sobre las compuertas deslizantes de alta presión. Todo lo que se puede hacer para reducir o eliminar la seriedad de los daños servirá, naturalmente, para reducir los costos de mantenimiento a largo plazo.

Referencias

1. Duncan, Willam Jr., 1989. "Turbine Repair," (Reparación de turbinas) Facilities Instructions, Standards and Techniques (FIST) Vol. 2-5, Department of the Interior, Bureau of Reclamation.
2. Water Operation and Maintenance Bulletin No. 150 (Boletín de Explotación y Mantenimiento Hidráulico No. 150)
3. Frizell, K. Warren y Brent W. Mefford, 1990. "Experience with Cavitation in High-Pressure Slide Gates," (Experiencia con Cavitación en Compuertas deslizantes de alta presión), Water Operation and Maintenance Bulletin No. 151, Bureau of Reclamation, (Boletín de Explotación y Mantenimiento Hidráulico No. 151, pp 1-7).

RESUMEN DE RESULTADOS - CUESTIONARIO SOBRE CAVITACION - AGOSTO DE 1991

TIPO DE EQUIPO	METAL DE BASE	MATERIAL DE RELENO	METODO DE REPARACION	VIDA DE LA REPARACION	APUNTES ESPECIALES	NOMBRE DE LA OBRA	PERSONA QUIEN PREPARO EL INFORME	NUMERO DE TELEFONO
Rotor de turbina Francis		Tipo 308 SS	Varilla de soldar	3-4 años	Reparaciones de acuerdo con FIST Vol. 2-5	Presas Palisades	Del Sathelmer	200-463-4015
Rotor y tubo de aspiración en turbina Kaplan		Resina molecular Metales Ceramica SAR	Instrucciones del fabricante	1-2 años	Reparaciones pueden durar hasta 6 años según ubicación	Presas Minidoka	James Pendegrass	200-436-4393
Rotor de turbina Francis	hierro fundido	Tipo 308-16 acero inox.	FIST Vol. 2-5	3+ años		Presas Minidoka	James Pendegrass	200-436-4393
Rotores de turbinas e impulsores de bombas	acero suave	Varilla de soldar E7018	Todas reparaciones de acuerdo con procedimientos de reparación de la Oficina del Proyecto de Grand Coulee para daños de cavitación	según la necesidad	Métodos generales de reparación para estos tipos de equipos y materiales	Presas Grand Coulee	Hart Albi	PTS 446-9590
rotores de turbina e impulsores de bombas	acero inoxidable	varilla E308 o 309						
Equipos auxiliares como filtros, codos de tubos, etc.		Devcon Devlar Premagile #10	Instrucciones del fabricante	según la necesidad		Presas Grand Coulee	Hart Albi	PTS 446-9590
Allis-Chalmers turbina Francis de 105 khp		Varilla E7018 sobrecapa de Nitronic 60 SS	Rellenar a 6mm de la superficie con acero suave y sobrecapa de acero inoxidable	4-8 años	Casi idéntica a FIST Vol. 2-5 Se nota que epoxies no duran en aplicaciones bajo altas cargas.	Central de Hungry Horse	D. Christensen	406-367-5241
Válvula de aguja Ensign 132 cm diam.	asientos de acero y bronce	Acero inoxidable Devcon (#10270)	Instrucciones del fabricante	Típicamente 1 año debido a aplicación bajo alta carga (30 m)	Epoxies no han sido muy eficaces debido a baja fuerza de adhesión, pero se usan por problemas de acceso al sitio y de soldadura por el tipo de metales de base.	Presas Arrowrock	Steve Jarab	PTS 554-1465

TIPO DE EQUIPO	METAL DE BASE	MATERIAL DE RELLENO	METODO DE REPARACION	VIDA DE LA REPARACION	APUNTES ESPECIALES	NOMBRE DE LA OBRA	PERSONA QUIEN PREPARO EL INFORME	NUMERO DE TELEFONO
Turbinas de 7.100 cf		Acero inoxidable Devcon (#102700)	Inst. del fabricante (aplic. en capas delgadas en hoyos de > 5mm de prof.)	aprox. 1 año	El epoxi sirve debido a baja carga. Tiempo necesitado es corto y acceso fácil.	Central de Black Canyon	Steve Jarabv	FTS 554-1465
Turbinas de 18.500 cf		Soldadura tipo 308 acero inox.	FIST Vol. 2-5	3-5 años (dep. de niveles del embalse).	Reparaciones duran muy bien.	Presa de Anderson Ranch	Steve Jarabv	FTS 554-1465
Bombas centrífugas		Elastuff 504 (resistente a abrasión, capa de poluretano)	Instrucciones del fabricante	5-10 años	Utilizado como capa de prevención antes de arrancar bombas.	Dist. de Riego de Quilincy-Columbia Basin	Dale Wegroner	509-787-3591
Rotores de turbina	Revestimiento de acero inox.	Acero inox tipo 309 (alambre de 26mm de diam. con gas tri-mix de argon. CO ₂ y HE)	Profun. de 3mm. use sold. de ace inox. Únicamente. Profun. 13mm, rellene a 3mm con acero suave y siga como antes.	3 años mín	Ensayos con epoxies Devcon, con poco éxito.	Presas Palsom y Nimbus	Bill Jove	916-988-1707
Turbinas Francis de 180 MW			FIST Vol. 2-5 Manual EPRI Vols. 1 y 2	según necesidad	Preferimos evitar los epoxies.	Presa New Melones	Bill Nixon	916-978-5296
Válvula de chorro hueco de 244 cm	hierro fundido bronce mangánico	Epoxi de resina META-LOX (de Chemsearch)	Inst. del fab. (use solamente para rellenar cortadas y grietas) no usar debajo de 10°C	aprox. 4 años	Soldadura sobre asentados de bronce no sirvió debido al alto pre-calentamiento que hace combarse y despegarse los anillos de bronce.	Presa Friant	Ray Front	209-822-2211

TIPO DE EQUIPO	METAL DE BASE	MATERIAL DE RELLENO	METODO DE REPARACION	VIDA DE LA REPARACION	APUNTES ESPECIALES	NOMBRE DE LA OBRA	PERSONA QUIEN PREPARO EL INFORME	NUMERO DE TELEFONO
Compuerta deslizante de alta presión		Acero líquido (epoxi)	Instrucciones del fabricante	Aprox. 5 años	Material util. para rellenar hoyos de 25 x 6mm en asientos de compuertas	Presa Prosser Creek	Bob MacDougal	702-882-3436
Válvula cilíndrica		Belzona	Instrucciones del fabricante	según necesidad	Ultimas reparaciones hace 1 año, todavía sirven.	Presa Lahontan	Bob MacDougal	702-882-3436
Válvulas balanceadas de compuertas deslizantes	acero suave acero inox. fierro fund. acero fund.	E7018 y E309 (sobre acero suave e inox.) Belzona (para fierro y acero fundidos).	E7018 a 3mm debajo superfi. y completar con varilla de acero inox. (aleación Wash. 309-16) a contorno original	4-5 años (sold.) 2-3 años (epoxi)	Belzona utilis. en material fundido difícil de soldar. No adhiere al acero inox. Usado para emergencias de corto plazo.	Presa Elephant Butte Presas Caballo	Allan Tow	505-894-6861
Turbinas hidráulicas Francis		Sobrecapa de acero inox. E7018 y E309 barrera EC Belzona y metal R	Similar a FIST Vol. 2-5	2-10 años dep. ubica. y elev. del embalse	Epoxi difícil de remover al prep. superfi. para sold. Ninguna deformación o agrietamiento con el epoxi.	Presas Elephant Butte Presas Caballo	Crede Weisner	505-894-6861
Compuertas deslizantes		Belzona metal R	Instrucciones del fabricante	> 2 años	Epoxi usado en conj. con barras de orificio ag abajo de compuerta desi. Parece resistir bien. (Ver Boletín No. 151, marzo/90)	Presas Joes Valley	Crede Bott	801-379-1094
Compuerta deslizante (cuerpo de aguas abajo)		Devcon A. Acero plástico	Instrucciones del fabricante	4 años	Epoxi aplicado en capas delg. con lámpara de calor. Barras inst. aguas abajo de comp. reg. para reducir daños por cavitación.	Presas Leron	D. G. Peden	PTS 373 6573

TIPO DE EQUIPO	METAL DE BASE	MATERIAL DE RELLENO	METODO DE REPARACION	VIDA DE LA REPARACION	APUNTES ESPECIALES	NOMBRE DE LA OBRA	PERSONA QUIEN PREPARO EL INFORME	NUMERO DE TELEFONO
Compuerta deslizante (igual a partida anterior)		Cerámica metálica Devcon	instrucciones del fabricante	desconocido	Epoxi aplicado en capas delg. y secado con lámpara de calor	Presa Lemon	Craig Kiar	605-456-2895
Rotor de turbina	Acero suave con sobre capa de acero inox.	E308 E7018	Sólo E308 usado si daños penetran sobre capa.	3 años	Ancho de bolita <12mm, van con el flujo de agua. Costados preparados a ángulos 45°.	Central Boysen	Ralph Carter	307-527-6256
Rotores de turbina	varios metales	E308 E309 E7018	FIST Vol. 2-5	varía	Cavit. en rotores de turbinas se reparan sólo con soldadura. No han vuelto muchas áreas dañadas.	Proyectos Eastern Colorado	John Gernaann	303-667-4410
Tubo aspirador de turbina		Epoxyllite #203 (por Epoxyllite Corp.)	instrucciones del fabricante	1 año o menos		Proyectos Eastern Colorado	John Gernaann	303-667-4410
Revest. de compuerta deslizante		Cerámica Belzona Metal R con sobre capa de Barrera cerámica EC	instrucciones del fabricante	desconocido		Presas Tiber	Jerry Moore	PTS 585-6417
Rotor de turbina tubo de aspir.		Varilla soldadora de acero inox. Arcolov PR 308	soldadura por alambre continuo	4 años	Limpieza por arco de daños por cavit. de 3 a 4,76mm de prof. y hasta 25mm alrededor.	Central Yellowtail	Steve Reimer	406-686-2443
Anillo de descarga de turbina Francis		Belzona molecular Cerámica metálica	instrucciones del fabricante	> 5 años	El uso de epoxies en áreas de tensión flexural no sirve.	Central Glendo	Garv N. Haren	307-281-5685
Rotor de turbina Francis	Acero fundido	Tipo 309 acero inox.	GMAW y SMAW de acuerdo con FIST Vol. 2-5	6 años	Proceso GMAW: gas protector 90% He, 7,5% argon 2,5% CO ₂ . Piedras esmeriladoras: Norton Norzox III	Central Kortes	Garv N. Haren	307-281-5685

TIPO DE EQUIPO	METAL DE BASE	MATERIAL DE RELLENO	METODO DE REPARACION	VIDA DE LA REPARACION	APUNTES ESPECIALES	NOMBRE DE LA OBRA	PERSONA QUIEN PREPARO EL INFORME	NUMERO DE TELEFONO
Turbinas de 65,000 cf		Electrodo de varilla 316	FIST Vol. 2-5	4 años	Dificultad en ventilar vapores de soldadura con acero inox. en el piso de la planta	Central Trinity	Dave Poore	PTS 450-6214
Turbinas de 168,000 cf	Acero fundido	Electrodo de alambre E7018 y 306	FIST Vol. 2-5	2-4 años (unidades 1 y 2) 3-5 años (unidades 3, 4, y 6)	Areas de corona necesitan repar. regulares. Borde de aletas suele neces. pocas repar.	Central Shasta	Dave Poore	PTS 450-6214
Turbinas de 107,000 cf		Acero inox. 316 (hasta 1989) Nitronic 60 (desde 1989)	FIST Vol. 2-5	2+ años (intervalo aumentará con uso de nuevos materiales)	Desde reparaciones en 82-84, bordes del balde se han recontornado progresiva. con menos daños.	Central J.F. Carr	Dave Poore	PTS 450-6214
Compuertas reguladoras de 84cm x 114 cm		Belzona	instrucciones del fabricante	menos de 1 año	Epoxi solamente como medida de emergencia. No adhiere bien.	Obras de salida Whiskeytown	Dave Poore	PTS 450-6214
Bomba de chorro de 6814 lit/min		acero inoxidable		Indefinidamente	Anteriores paletas giratorias de acero de carbono reempl. con nuevas de acero inoxidable	Central Shasta	Dave Poore	PTS 450-6214
tubo aspirador de 2,40m de diam.		Devcon Belzona	instrucciones del fabricante	8+ años (sigue sirviendo)	Mitad de repar. con Belzona y mitad con Devcon para comparar. Sirven igual. Exitosa repar. con epoxi, más barata pero no dura como solda. y esmerillado.	Central J.F. Carr	Dave Poore	PTS 450-6214
Conducción forzada alimentadora de 15 cm de diam.				según necesidad	Corta sección de tubo reempl. debido a fugas por picaduras de cavit.	Central Trinity	Dave Poore	PTS 450-6214

TIPO DE EQUIPO	METAL DE BASE	MATERIAL DE RELLENO	METODO DE REPARACION	VIDA DE LA REPARACION	APUNTES ESPECIALES	NOMBRE DE LA OBRA	PERSONA QUIEN PREPARO EL INFORME	NUMERO DE TELEFONO
Rotores de turbina Francis	acero inox. fundido	Tipo 308 AI	FIST Vol. 2-5	6 años	Proceso GMAW: gas protector 90% He. 7,5% argon 2,5% CO ₂ . Piedras esmeriladoras: Norton Norzon III	Central Seminole	Garv N. Hasen	307-261-5665
Rotores de Turbinas Francis	acero fundido	E7018 & E309	FIST Vol. 2-5	3 años	E7018 primero, seguido por sobrecapa de E309	Central Alcovia	Garv N. Hasen	307-261-5665
Tubos aspiradores	acero fabricado	E7018	Normas de la AWS	Indefinidamente	Discontinuidad causando cavit. fue eliminada. Nueva placa de revest. soldada. Todos espacios rellenados con Devcon "Flexane 80"	Central Seminole	Garv N. Hasen	307-261-5665
Compuertas sector Rotores de turbina	acero inox. acero inox.	E309	Normas de la AWS	según necesidad	Repara. duradera, pero área afectada por calor exhibe mucha cavitación	Central Hoover	Charles Williams Aaron Martin	702-293-8273
Rotores de turbina	acero acero inox.	E309 Stoddy H0 913	Normas de la AWS	según necesidad	Repara. muy recientes, no se conoce eficacia a largo plazo.	Central Hoover	Charles Williams Aaron Martin	702-293-8273
Impulsores de bombas		varilla de sold de acero inox. 304	Normas de la AWS	según necesidad	Proyecto existe desde apenas 5 años, daños son menores.	Planta de bombeo Havasu	Fred Stanek	FTS 765-1727
Válvulas de lunaeta		Cerámica Beizona de metal R	Instrucciones del fabricante	2 años	Reparaciones hechas en verano con alta humedad, posib. afecte duración de repara.	Presa Marshall Ford	James N. Clerton	512-473-3264
Impulsores de bombas	bronce fierro fundido	Devcon (para bronce) Beizona (para fierro fundido)	Instrucciones del fabricante	7-8 años max	Reparaciones pueden durar al unitarias con United Coatings Elastuff	Presa Othello	Jin Pavelta	508-488-9081

TIPO DE EQUIPO	METAL DE BASE	MATERIAL DE RELLENO	METODO DE REPARACION	VIDA DE LA REPARACION	APUNTES ESPECIALES	NOMBRE DE LA OBRA	PERSONA QUIEN PREPARO EL INFORME	NUMERO DE TELEFONO
Compuertas de sector		acero inoxidable	métodos caseros	según necesidad	Superficies de compuerta a compuertas se reparan durante rearrollamiento de generadores	Central Shasta	Dave Poore	PTS 450-6214
Anillos de desgaste de turbinas	aluminio bronce	aluminio bronce	Igual que la instal. original	25+ años	Anillo de desgaste de acero inox. reempl. con alum.-bronce para proveer metal dif. del anillo de desgaste de turbina.	Central J.P. Carr	Dave Poore	PTS 450-6214

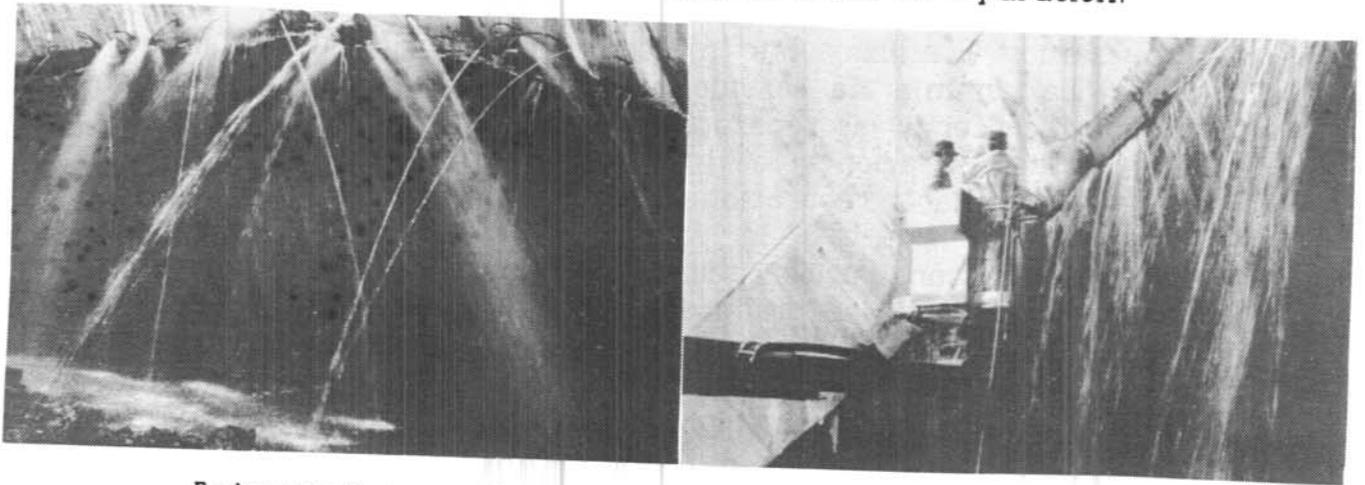
SE UTILIZA ESPUMA ACTIVADA POR AGUA PARA TAPAR FUGAS EN UNA PRESA EN TEXAS¹

por Troy Ellett²

La presa Buchanan 36-MW, situada cerca de Burnet, estado de Texas y propiedad de la Agencia gubernamental Lower Colorado River Authority, detiene las aguas del lago Buchanan, el lago más elevado en una serie de lagos formados sobre el río Colorado en la parte central de Texas. La Agencia, habiendo adquirido la presa después de la bancarrota del constructor original en 1932, completó esta obra delgada de múltiples bóvedas en 1932.

La zona entre la construcción original y la que se realizó después ha padecido fugas continuamente desde que se llenó el embalse, debido a que el hormigón nuevo no se adhirió debidamente con el hormigón existente. Aunque la presa no presenta ningún peligro, hemos tratado de tapar las fugas por nuestra preocupación en conservar agua, así como la buena apariencia de la presa.

Tras numerosos intentos para tapar las fugas en el transcurso de los años, hemos encontrado ahora un método eficaz de reparación.



En la presa Buchanan de la Agencia Colorado River Authority en la parte central de Texas, empezó a escurrir agua por las juntas de construcción de la presa después de completarse la obra en 1937. La Agencia ha ideado un método exitoso para tapar estas fugas, instalando tubos en hoyos perforados en la cara de la presa para derivar agua de las juntas (ilustrado en la foto a la izquierda).

Con la diversión de agua a los tubos, se reduce el flujo de agua, permitiendo el bombeo de espuma en el sitio. En la foto a la derecha, los tubos a la derecha de los trabajadores drenan agua al mismo tiempo que los tubos a la izquierda se llenan de espuma, tapándose los escurrimientos. (Cortesía de la Lower Colorado River Authority).

¹Reproducción por autorización de la revista Hydro Review, HCI Publications, Kansas City, MO, número de febrero de 1991.

²Capataz mecánico, a/c Jim Guenther, Operations/Engineer Supervisor, Lower Colorado River Authority, PO Box 220, Austin, TX 78767, teléf. (512)473-3388

Taladramos hoyos en la cara de la presa arriba de las juntas de construcción para insertar tubos en los hoyos con el fin de derivar agua de las juntas (véase la foto a la izquierda en la página anterior). Luego, utilizamos materiales para sellar provisionalmente la costura, derivando así más agua hacia los tubos. Inyectamos en seguida espuma activada por agua bajo presión en cada tubo para alcanzar la junta, donde se asienta la espuma, tapando la fuga.

Hace más de 20 años, un método similar pero más costoso había sido utilizado para reparar una de las bóvedas de la presa. Sin embargo, la lechada usada en esa reparación resultó ser ineficaz porque se endureció y no se movía con la presa. Entretanto, nos enteramos de que, en Estados Unidos, se había utilizado exitosamente una espuma activada por agua para reparar fugas en túneles de transporte subterráneo de agua y sistemas de alcanterillado en distintas partes del país. Al emplear elementos de la previa técnica junto con la espuma activada por agua, hemos logrado, en muchos casos, reducir en forma considerable las filtraciones de agua. En los casos en que hemos podido derivar la totalidad de los escapes de agua de una junta durante la reparación, se han parado las filtraciones completamente.

Empezamos a utilizar este método de reparación permanente en 1985. La espuma ha servido a nuestra satisfacción y no hemos tenido que repetir las reparaciones. Hemos reparado un total de 183 metros de filtraciones a través de varias de las bóvedas y proyectamos hacer reparaciones en zonas adicionales.

La junta de construcción sellada con cobre entre las dos fases de construcción donde se producen las fugas, se encuentra de 9 a 12 metros encima del pie de la presa. Los trabajadores, a veces llevando trajes impermeables para combatir los efectos del agua de 16°C, utilizan un elevador para alcanzar las zonas de trabajo.

El proceso de reparación empieza con los trabajadores perforando hoyos en la junta de construcción, o costura. Utilizamos brocas de barrena de 16mm por 60cm para perforar hoyos a aproximadamente 30 cm arriba de la costura. Los hoyos se perforan en un plano horizontal para penetrar hasta casi la mitad de la bóveda, la cual mide de 1 a 1,2 metros de espesor. Por lo general, entre mayor sea el volumen de agua que escurre, de más cerca se perforan los hoyos a lo largo de la costura. La perforación de cada hoyo continúa hasta que llegue a fluir agua por el hoyo. Un tubo de 10mm se inserta luego en cada hoyo y se clava con un martillo para asegurar un encaje seguro. Después, se instala una válvula en el tubo, la cual queda abierta para permitir al agua fluir por el tubo, derivando el agua de la costura.

Se utilizan lana de plomo, un material similar a la lana metálica que se adhiere a sí misma cuando se comprime, y estopa, un material fibroso, para sellar las costuras. Conforme se va tapando la fuga de la costura, el flujo de agua por los tubos aumenta. Hemos tenido un poco de dificultad sobre este punto. Algunas veces la presión del agua sube hasta llegar a expulsar la lana de plomo y la estopa fuera de la costura, necesitándose la instalación de más tubos para contrarrestar esta condición. Una vez derivada toda el agua a los tubos, empezamos a bombear espuma, introduciéndola en las juntas.

Una bomba de alta presión (capaz de bombear hasta 351 kg/cm^2) dotada de un doble cilindro, se utiliza para bombear una mezcla de 50-50 de espuma química y agua en la costura. La espuma química y el agua se bombean por mangueras separadas, con un tubo múltiple mezclador conectado directamente a las válvulas de 10mm de los tubos instalados en la presa. Se utiliza también una válvula de regulación para prevenir retornos de espuma o de agua en las otras mangueras.

Con todas las válvulas abiertas y el agua fluyendo, se para una válvula en el extremo de la costura. Un tubo múltiple se conecta y el bombeo comienza bajo una presión de aproximadamente 105 kg/cm^2 . Un regulador en la bomba sirve para controlar la presión del flujo de la mezcla en la costura. La mezcla de espuma se bombea hasta que un flujo lechoso aparezca en el tubo siguiente. El tubo múltiple luego se conecta a ese tubo y el proceso continúa hasta que el flujo de agua se haya parado. La lana de plomo ayuda a impedir la salida de la espuma antes de su asentamiento. Se utilizan aproximadamente de 150 a 190 litros de espuma por costura. Usamos Multigrout AV-202, fabricada por Avanti International de Webster, Texas para este método de reparación. La espuma es flexible, se mueve conforme a la expansión y contracción de la presa, manteniendo llenos los intersticios.

En el transcurso de los 5 años desde que empezamos a utilizar este nuevo material de reparación de fugas, la espuma ha sido muy eficaz. Proyectamos reparar otros 304 metros según nos permita el tiempo, empezando este verano. Para la siguiente serie de reparaciones, pensamos añadir otro elemento al esparcir granos cuarteados de maíz por encima de la presa. Esperamos que el maíz será aspirado en la junta de construcción, lo cual haría más fácil para los trabajadores tapar el flujo de agua antes de bombear espuma en la costura.

TELEFONOS CELULARES¹

Nueva tecnología provee transferencia más económica de datos

Recientes desarrollos en la tecnología de los teléfonos celulares y el costo reducido de estos equipos podrían traducirse en un mayor uso de este nuevo producto de alta tecnología en aplicaciones para el riego. Desde hace algún tiempo, grupos de investigadores en la División de aplicación y administración de nuestro Distrito de riego en la provincia de Alberta, Canadá, han estado experimentando con el uso de los teléfonos celulares.

Los teléfonos celulares facilitan ahora la recolección de datos de una manera aun más automatizada para el personal del Distrito de riego. Ya no es necesario ir a las estaciones para recoger los datos de sus registradores electrónicos, según dice Svat Jonas, P.Eng., un ingeniero en nuestra División de investigaciones.

Los registradores de datos utilizados son del Sistema Lakewood, los cuales están conectados a varios dispositivos de medición de agua. Antes era necesario, en una base semanal regular, mandar a un tecnólogo a cada estación para recolectar los datos marcados por los registradores. El registrador de datos, según explica Brian Cook, un tecnólogo en electrónica de la División, es básicamente un pequeño computador de poco costo, sin pantalla ni teclado. Por lo general, tiene una capacidad de 8000 elementos, pero el nuevo Ultralogger del Sistema Lakewood está dotado de una memoria de 32K RAM (memoria con acceso selectivo) capaz de almacenar 32.000 elementos.

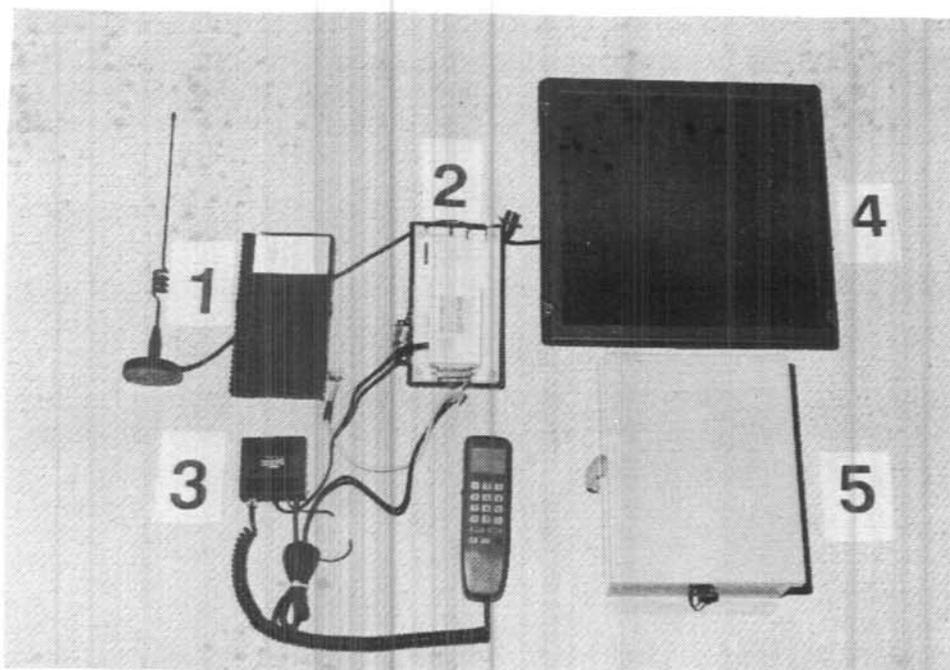
Todos los registradores de datos están programados para lectura a intervalos regulares por medio de conexiones a dispositivos periféricos. La frecuencia de las lecturas de estos dispositivos, más el número de canales disponibles, determina la rapidez con la cual la memoria acumula datos y se llena, dice Cook. Nuestros técnicos descargan la memoria de los registradores de datos una vez a la semana.

En el otoño de 1990, Jonas agregó otro dispositivo al sistema--un teléfono celular. Este sencillo instrumento "ha traído una nueva dimensión a la recolección de datos y a la programación de los registradores de datos", dice él, puesto que los teléfonos celulares aceleran la transferencia de datos y nos ahorran personal. Los teléfonos celulares fueron comprados a un costo de 400 dólares canadienses por pieza. El costo para el equipo electrónico completo, ilustrado en el diseño adjunto, asciende a aproximadamente 2000 dólares canadienses. Los dispositivos periféricos son extra, dice Jonas.

¹Reimpreso con autorización del Editor, Water Hauler's Bulletin, Alberta Agriculture, Lethbridge, Alberta, Canada T1J 4C7, número del invierno de 1991.

Una infinidad de aplicaciones existe para la sencilla instalación descrita más arriba. Nuestro grupo de investigadores ha utilizado este sistema para medir la temperatura del aire y del agua, niveles de oxígeno disuelto en cuevas, y fluctuaciones de nivel del agua en los canales laterales de riego. El grupo encargado del riego, bajo la dirección de Robert Riewe, P.Ag., cuenta con una estación meteorológica así conectada, dice Jonas.

La estación dispone de un anemómetro, balde basculante para medir la lluvia, pirómetro solar, medidor de humedad, y medidor de temperatura, todos comunicando datos por medio del sistema celular. Una aplicación ideal, según cree Jonas, sería un sistema para controlar magmetros u otros dispositivos de aforo de agua. El Distrito de riego St. Mary River Irrigation District - SMRID utiliza un sistema similar para verificar y recoger datos a partir de un magmetro de inserción. La diferencia aquí es que el distrito no utiliza un teléfono celular, sino un línea de teléfono fija AGT (terminal a tierra automática) conectada al teléfono. La operación de los teléfonos celulares cuesta más que las instalaciones ordinarias de teléfono, pero en muchos casos, no existen líneas de teléfono en la vecindad, comenta Jonas.



1. Teléfono celular y antena, 2. registrador de datos, 3. interfaz de datos (permite transmitir datos por teléfono celular), 4. panel solar, 5. estuche impermeable para los instrumentos.

"Yo veo una gran ventaja en el ahorro de personal al usar una instalación telefónica," dice Jonas. "El técnico marca simplemente el número de la estación, verifica el estado general de la estación y las

condiciones existentes, y recolecta los datos almacenados, o bien puede reprogramar la estación en cualquier momento, día o noche". "Nada puede superar la rapidez de una transferencia de datos por teléfono", afirma él.

Del lado negativo, toda estación remota y sus equipos deben protegerse contra el vandalismo o robos. Esto puede ser el aspecto más costoso de una estación, agrega Jonas.

Todo depende del usuario individual en decidir cual sería el mejor método de recolección de datos para su propia situación. El usuario tiene que evaluar la inconveniencia y los costos relacionados con ir a la estación para descargar los registradores de datos o la utilización de la transferencia de datos por teléfono, dice Jonas.

Para mayor información, sírvase comunicarse con S. Jonas, P.Eng., Research Engineer; o con B. Cook, Electronics Technologist; Irrigation Branch; Alberta Agriculture, Agriculture Centre, Lethbridge, Alberta T1J4C7, Canadá; teléfono (403) 381-581-5870 o (403) 381-5878.

EXCAVE UN HOYO PARA AMORTIGUAR EL RUIDO DEL BOMBEO¹

El constante golpeo de un cercano motor de combustión interna impulsando una bomba de riego puede ser muy molesto, interrumpiendo el sueño y hasta causando relaciones tirantes entre amigos o vecinos. "Un verano miserable", así lo califica el Dr. Vincent Luykenaar, un médico quien, con su familia, había tenido que aguantar una tal situación. Su casa está situada dentro de los límites de la ciudad, pero a 150 metros de la planta de bombeo de una granja. La instalación de silenciadores en el escape del motor y de barreras acústicas ayudaban un poco, pero el ruido seguía siendo intolerable.

Una situación parecida, al oeste del poblado de Medicine Hat (Canadá), ha sido resuelta por la ingeniosidad de dos granjeros locales. Simple, pero muy eficaz, así se puede describir la caja insonorizadora enterrada construida por un vecino, John Mann, según comenta un



La caja amortiguadora de ruido, parcialmente descubierta

¹Reimpreso con autorización del Editor, Water Hauler's Bulletin, Alberta Agriculture, Lethbridge, Alberta, Canada T1J4C7, número del invierno de 1991.

miembro del concilio del distrito de riego, St. Mary River Irrigation District, Wayne Schlenker. Muy impresionado con esa invención, Schlenker fabricó una versión modificada con ayuda financiera de sus vecinos en el condado.

La caja amortiguadora enterrada es muy fácil de construir, dice Schlenker. "Mandé excavar un hoyo de 2 m x 1 m x 1,5 m de profundidad, revistiendo sólo los lados con bloques de hormigón de cenizas. Los bloques no fueron colocados con lechada, por lo que fue necesario instalar riostras en cruz para prevenir que las paredes se derrumbaran. Luego, cubrí la caja con una placa de metal y rellené el hoyo con 30 cm de tierra.

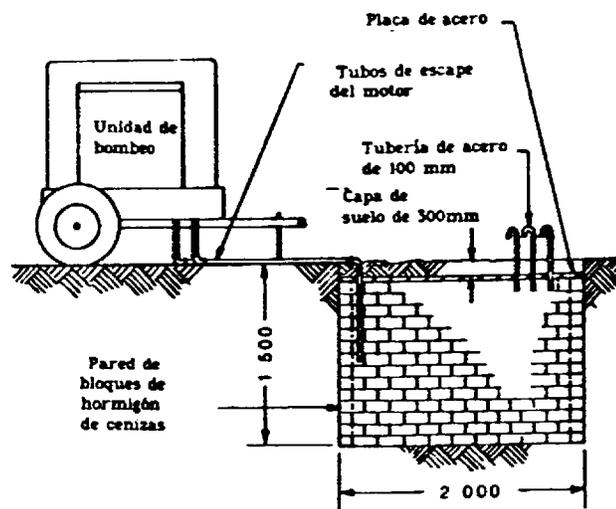
Por una extremidad de la caja entran los tubos de escape del motor y tres tubos curvos de ventilación de 40 cm salen en la otra punta.

INCREIBLE es la única palabra que se puede emplear al encontrarse frente a una unidad de bombeo en plena marcha y el único sonido es el de la rotación de las aletas del ventilador, dice Schlenker, agregando "nunca lo hubiera creído posible".

Kenn Blom, inspector en jefe de la unidad de salubridad Barons-Eureka Warner, no considera que haya, desde el punto de vista de la salud, ningún problema con la caja amortiguadora de ruido enterrada. Es evidente que aliviaría muchos problemas de ruido.

El costo del material para construir la caja enterrada del Sr. Schlenker fue de 225 dólares canadienses. Esta cifra no incluye su propia labor, ni el costo de la pala mecánica prestada por un vecino.

Para mayor información, sírvase comunicarse con SMRID Board Member, Wayne Schlenker, 13 Rice Drive SE, Medicine Hat, Alberta T1A8G8, Canadá; teléfono (403)526-3215.



COMO DESEMBARAZAR UN SITIO INFESTADO POR MURCIÉLAGOS¹

por Dallas Virchou²

Aunque causan pocos daños, los murciélagos sí pueden estorbar mucho cuando se instalan en los desvanes de casas o en el interior de cualquier estructura. Los excrementos y la orina de los murciélagos pueden producir olores muy fuertes. Los ruidosos chillidos de los murciélagos cuando salen para sus vuelos nocturnos también pueden ser molestos para residentes cercanos.

¿Cuáles serán los mejores remedios para combatir la presencia de murciélagos en el interior de casas y edificios? En Nebraska, que no cuenta con una gran población de murciélagos, se ha tenido éxito usando cierta medidas para prevenir su entrada en distintos sitios.

Para este fin y por ser que los murciélagos no pueden masticar los materiales suaves, se pueden utilizar materiales de aislamiento, así como burlete, estopa, mastique, tela metálica o lana de acero inoxidable para tapar las posibles entradas que son generalmente por o alrededor de las chimineas, detrás de fajas y cornisas, rendijas alrededor de ventanas o aperturas en tablas o ladrillos flojos. Algunos murciélagos pueden introducirse en huecos de 10 mm de diámetro! Papel higiénico suspendido de colgadores de ropa, llamas de bujías y pequeñas bocanadas de humo pueden servir para detectar corrientes de aire y localizar posibles aperturas en los desvanes.

Los murciélagos también pueden percharse al exterior de edificios, agarrándose por debajo de entablados flojos o tejas desprendidas, detrás de tubos de drenaje o persianas, en cocheras, patios y porches.

Aparte de las medidas preventivas, la mejor manera de expulsar los murciélagos que ya están en el interior de una estructura, es de apagar todas las luces y abrir todas las ventanas y puertas. Los murciélagos detectan fácilmente las corrientes de aire fresco.

Para los murciélagos que no se hayan salido, se pueden coger éstos en una red, una caja o con la mano usando guantes y luego soltarlos afuera. Nunca se han de tocar a los murciélagos con las manos desnudas.

Si una colonia de murciélagos se ha establecido en un desván o en un edificio abandonado, se pueden sellar todas las aperturas con la

¹Reimpreso con permiso del Nebraska Farmer, número del 2 de marzo de 1991. Derechos registrados por HBJ Farm Publications.

²Asistente Regional para el Control de Daños por animales salvajes, University of Nebraska, Panhandle Research and Extension Center.

excepción de la que sería la principal. Sobre esta apertura, se puede instalar un dispositivo que permita salir pero no volver a entrar. Trampas hechas a mano o de fábrica también pueden servir en tales sitios. Los murciélagos suelen salir media hora después de la puesta del sol. Las trampas o dispositivos de un solo sentido no deben usarse a partir del mes de mayo hasta agosto inclusive, o si se cree que hayan crías en el interior del edificio.

Repelentes, tales como cristales de naftalena, reflectores, y corrientes de aire pueden ser eficaces. Los cristales deben colocarse en bolsas de tela de malla, suspendidos donde puede circular el aire. Un kilo o kilo y medio sería suficiente para tratar un desván de tamaño regular. Para las personas, los vapores de estos cristales pueden causar dolor de cabeza, náusea, vómito y anemia; la ingestión puede producir la muerte. La naftalena nunca debe usarse en las casas de habitación.

Reflectores o focos de un mínimo de 100 vatios pueden servir para ahuyentar a los murciélagos. Se pueden crear brisas con abrir ventanas, puertas y respiraderos.

Los sonidos de alta frecuencia, cintas magnetofónicas de chillidos de alarma de murciélagos y tablas engomadas tienen poco valor en prevenir la intrusión de murciélagos.

Los tóxicos y fumigantes deben emplearse solamente bajo condiciones específicas y por operadoras profesionales de control de animales nocivos.

RECONOCIENDO EL VALOR DE LOS MURCIELAGOS¹

por Dallas Virchou²

Mirando hacia una luz de jardín en una noche de verano o hacia el cielo crepuscular, Ud. posiblemente observará un volador errático. Para la mayoría de las personas, la primera impresión sería de un pájaro, pero podría ser un murciélago.

El hombre, desde hace siglos, ha acostumbrado maldecir y temer, sin verdadera justificación, esos animales de aspecto singular, que llamamos murciélagos. Mucho del temor se debe probablemente a la apariencia del murciélago. Las adaptaciones especializadas que permiten a un mamíferos volar, principalmente de noche, le han dado una forma muy extraña. Las orejas son agrandadas para facilitar la ecolocación (navegando por los sonidos que producen) y las alas membranosos con garras permiten a los murciélagos volar y suspenderse de perchas tenuosas. Utilizan sus colmillos, tipo vampiro amenazador, para aplastar las duras conchas de insectos.

Las leyendas y falsedades acerca de los murciélagos abundan, aun en sociedades modernas. Algunas de estas malas interpretaciones son:

Los murciélagos atacan a las personas.- Aunque la idea de tener a un murciélago enmarañado en el cabello no dejaría de espantar a uno, los murciélagos casi nunca atacan a las personas, ni siquiera si se encuentran en áreas encerradas.

Los murciélagos son ratones voladores.- Los murciélagos y los ratones son mamíferos, pero los murciélagos pertenecen a un grupo especial que cuenta con más de 900 especies por el mundo entero. Nebraska, empero, no tiene más que unas cuantas especies.

Los murciélagos son muy grandes.- Los murciélagos en realidad son mucho más pequeños de lo que se cree comunmente. Las especies más pequeñas pueden deslizarse por aperturas con el diámetro de una delgada pieza de moneda. Aun las especies más grandes en Nebraska, tales como el murciélago castaño o el blanco, ipesan menos de una onza!

La ecolocalización, que es la habilidad de volar de noche gracias a un tipo de sonar, es probablemente la característica la más conocida de los murciélagos. Pero considere las siguientes características igualmente asombrosas:

¹Reimpreso por autorización del Nebraska Farmer, número del 2 de marzo de 1991. Derechos registrados por HBJ Farm Publications, Inc.

²Asistente Regional para el Control de Daños por animales salvaje, University of Nebraska, Panhandle Research and Extension Center.

Los murciélagos figuran entre los mamíferos de más larga vida en relación a su tamaño, con un promedio de 10 años para algunas especies.

Las especies migratorias, tales como el murciélago mexicano de cola libre, pueden volar hasta 1600 kilómetros de distancia, mientras que otras especies invernan cerca de sus sitios de veraneo.

El apareamiento ocurre en el otoño, pero la ovulación de la hembra no se produce sino hasta la próxima primavera cuando ocurre la fecundación. Las hembras preñadas se reúnen en colonias de maternidad en donde producen crías de uno a cuatro animales.

Asombrosas cantidades de energía requieren estas criaturas para mantenerse en vuelo. Estudios han demostrado que los murciélagos devoran aproximadamente 1000 insectos en una noche, equivalente a más de la mitad del peso de sus cuerpos. Los mosquitos, jejenes, alevillas y coleópteros son los más comunes.

Densas colonias de millones de murciélagos han producido toneladas de feces llamado guano. El guano se utiliza como un fertilizante en partes de Centro y Sudamérica.

Por su voracidad en consumir insectos potencialmente perniciosos, los murciélagos deberían de considerarse como benefactores de la humanidad. ¿Por qué será que todavía se temen o se odian los murciélagos? El temor a la rabia es una de las razones. Sin embargo, este temor queda infundado en la realidad. Dos estudios en California revelaron que la rabia infecta a menos de 0,5 por ciento y 0,01 por ciento, respectivamente, de los murciélagos en cada estudio.

La mortalidad humana atribuible a murciélagos rabiosos parece confirmar estos datos. Solamente ocho muertes humanas en los EE.UU. y Canadá han sido atribuidas a murciélagos rabiosos durante un reciente período de 30 años. Además, recientes perfeccionamientos de las vacunas administradas después de la exposición a la enfermedad hacen que los tratamientos actuales sean mucho menos traumáticos de lo que eran hace unos cuantos años.

Por la admirable adaptación de los murciélagos y su benéfico consumo de insectos, estos mamíferos no deberían de considerarse como mónstruos que se deben temer y evitar, sino más bien como símbolos de esos seres insólitos que transitan por los cielos nocturnos.

INUNDACION EN LA PLANTA DE BOMBEO TRACY

por Bill Nixon, Jr.; Greg O'Haver; y Stephen Herbst¹

Antecedentes

La Planta de Bombeo Tracy está situada sobre el río San Joaquín en el Valle Central de California.

Esta planta quedó terminada en 1951 y sirve para bombear agua del delta Sacramento-San Joaquín hasta el Canal Delta-Mendota a una elevación de 60 metros. La planta cuenta con seis unidades de bombeo que sueltan agua por tres líneas de descarga, o sea, dos bombas por cada línea de descarga.

Las aguas del Delta son naturalmente corrosivas y, con el paso del tiempo, han corroído la mayor parte del sistema de tuberías de la planta hasta el punto de necesitar reemplazo. El personal del Bureau of Reclamation encargado de esta instalación, ha venido reemplazando las tuberías en el transcurso de los años. Este proceso ha sido bastante lento debido a la falta de fondos para obtener los materiales necesarios, falta también de mano de obra, así como los cortos períodos en que pueden estar fuera de servicio las unidades de bombeo para permitir la realización de los reemplazos.

Las principales actividades que condujeron al incidente que ocurrió el 16 de enero de 1991, incluyen el reemplazo de una cabeza de línea de drenaje de 25 cm; partes de la entubación de drenaje de las seis válvulas mariposa de 10 cm; partes de una línea de drenaje de una ventosa de 15 cm en las unidades 5 y 6; reemplazo de seis válvulas de la línea de drenaje de 20 cm; y la instalación de dos líneas de enfriamiento de 20 cm de nuevo diseño. La mayor parte de estas tuberías se encuentran en la galería de válvulas mariposa justo debajo de los tubos de descarga. El trabajo que se llevaba a cabo requería que se alcanzara un punto de paro provisional antes de poner en marcha las unidades 5 y 6. En este punto de paro provisional, se instalaron uniones de tipo dresser en la línea de drenaje del entubado de las válvulas mariposa de 10 cm y en el dren de la válvula de ventilación de 15 cm. Este trabajo exigía que la línea de descarga de las unidades 5 y 6 estuviese sin agua.

El actual método para llenar las líneas de descarga requiere el uso de una línea de descarga llena, con sus unidades de bombeo en marcha, para llenar una línea de descarga vacía. Esto se hace por medio del

¹Bill Nixon, ingeniero mecánico y Stephen Herbst, ingeniero civil, empleados de la Oficina Regional del Bureau en Sacramento, California; y Greg O'Haver ingeniero en mecánica empleado de la Oficina Regional del Bureau en Redding, California.

uso de las tuberías y válvulas arriba mencionadas que se estaban reemplazando. Inicialmente, el método para llenar una línea de descarga según el Designers' Operating Criteria (DOC) [Criterio de Operación de los Diseñadores] publicado en mayo de 1951, era de llenar la carcasa de la bomba, el tubo de succión y el tubo de descarga hasta el nivel del agua en la cámara de carga. Con la válvula mariposa cerrada, la bomba se ponía en marcha. Al alcanzar suficiente carga, la válvula mariposa se abría y permitía a la línea de descarga llenarse. Este método ocasionaba vibraciones en la unidad de bombeo y fue abandonado hace muchos años en favor del método actual.

El 16 de enero de 1991, después de alcanzarse el punto de paro, el resto del agua en las unidades 5 y 6 fue soltada y a las 13:45 horas se empezó a llenar la línea de descarga usando la línea de descarga de las unidades 3 y 4. La unidad 1 estaba también bombeando en este momento.

El incidente

A las 19:27 horas del 16 de enero, el operador en la sala de mando, quien estaba solo, recibió una señal de agua alta, indicando que había mucha agua en la galería de las válvulas mariposas. A las 19:40 h, el operador informó al centro de mando, Central Valley Control Center, (CVCC) situado en la central Folsom, que la galería estaba inundada. Poniéndose en contacto con el Jefe de la División de mantenimiento mecánico y el Capataz de mantenimiento mecánico de la oficina de Tracy, el operador les comunicó lo que estaba ocurriendo. En ese momento, el nivel del agua estaba a 1,3 metro de altura y subía rápidamente. El operador, conciente de que las líneas de descarga de las bombas 3 y 4 eran la fuente principal de los chorros de agua, paró estas unidades. Por razones de seguridad, el operador no podía entrar en la galería para cerrar las válvulas que controlaban el llenado de la línea de descarga conectada a las unidades 5 y 6. A las 20:22 h, el operador puso en marcha la unidad 2, bombeando en conjunto con la unidad 1 para compensar por el cierre de las unidades 3 y 4. Debido a la altura del agua en la galería (1,83 m), el personal de la Oficina Tracy determinó que se necesitarían buceadores para cerrar las válvulas de los tubos de drenaje de 20 cm utilizadas en la operación de llenado de la línea de descarga. En este mismo momento, el CVCC intentaba comunicarse con el encargado regional de emergencias para discutir la situación. A las 20:40 h, el personal de la oficina Tracy determinó que las válvulas de 20 cm de la línea de drenaje tendrían que cerrarse. A las 21:22 h, se obtuvo la autorización para emplear los servicios de un equipo regional de buceadores. Al día siguiente, también hubo contacto con distintas agencias estatales, la EPA (agencia para la protección ambiental), la oficina de Denver del Bureau y la Oficina del Comisionado.

A las 21:30 h, se notó que el pozo de ruedas de la unidad 2 se estaba llenando de agua, y se decidió parar esta unidad, pero su válvula mariposa no se cerró y dicha unidad funcionó en reverso con exceso de velocidad y vibraciones. Se paró la unidad 1 en ese mismo momento, la cual empezó también a funcionar en reverso, pero a una velocidad mucho más baja. Después de unos 15 minutos, la unidad 1 se paró, significando que la válvula mariposa de esa unidad se había cerrado. La unidad 2 continuó funcionando en reverso hasta quedararse vacía la línea de descarga. Para las 20:57 h todas las unidades en la planta estaban paradas.

Los buceadores llegaron a la planta a las 23:00 h. En ese momento, el nivel del agua en la galería de las válvulas mariposa estaba a más de 3 metros de altura. Después de realizarse un análisis de los riesgos, dos buceadores entraron en el agua a la 1:30 h y cerraron las válvulas de 20 cm de las líneas de descarga para las unidades 3 y 4. Se produjo mucha turbulencia alrededor de las unidades 5 y 6, y se detuvo el cierre de las válvulas para estas unidades hasta que pasara la turbulencia. Para las 11:30 h del día siguiente, las válvulas de 20 cm de las líneas de descarga para las unidades 5 y 6 estaban cerradas. Esto eliminó la última fuente de inundación y el nivel del agua comenzó a bajar en la galería.

Se había derramado una pequeña cantidad de aceite en la cámara de carga, la cual se limpió con el debido equipo.

La Causa

A las 16:00 h del 17 de enero, el personal de la oficina Tracy entró en la galería de válvulas mariposa y descubrió que la envoltura de los tubos de drenaje de 10 cm en las unidades 5 y 6 se había separado en el punto en que se habían instalado las uniones de tipo dresser. Esto causó que el agua que debía llenar la línea de descarga inundara la galería de válvulas mariposa. Las uniones dresser en las unidades 3 y 4 no se habían separado todavía, pero les faltaba poco para eso. La razón por la cual la válvula mariposa de la unidad 2 no se había cerrado se debía a un cortocircuito en los circuitos de control y la falta de un mecanismo suplementario de cierre de emergencia como el que había sido instalado en la válvula mariposa de la unidad 1.

Investigaciones en el sitio, realizadas por la Oficina Regional y el personal de la oficina Tracy en los días posteriores al incidente, revelaron que no había ningún dispositivo de sujeción adicional en los tubos del dren de la envoltura de las válvulas mariposa de 10 cm, ni tampoco en las líneas de 15 cm de la válvula del dren en los codos de los tubos respectivos, para aguantar las incrementadas cargas en los tubos debido a la adición de las uniones. La carga en las uniones de tipo dresser y en los tubos ascendía a 61 metros justo antes de la

falla. No había tampoco sujetadores en las seis líneas de 10 cm de contracorrente de 7 kg/cm², situadas en la galería donde se habían instalado las uniones para conectar las anteriores líneas con las nuevamente instaladas.

Se ha determinado que esta instalación de las uniones y las vibraciones de los tubos asociados con los procedimientos normales del llenado de la línea de descarga causaron la falla.

Se supone que el agua subió a través de la caja de empaquetadura del eje de la bomba, llenando el pozo de la unidad 2 con agua. La bomba de sumidero en el pozo no llegaba a eliminar estas filtraciones porque el alto nivel del agua en la galería de válvulas mariposa había reducido muchísimo la eficiencia de la bomba.

Conclusiones

Después de un repaso de los informes escritos por el personal que presenció este incidente, seguido por entrevistas con algunas de estas personas, se alcanzaron las siguientes conclusiones:

1. El equipo de repaso queda muy agradecido a todos los miembros del personal por la manera en que atendieron este incidente. Sus informes y entrevistas fueron muy oportunas, cooperativas y útiles.
2. Se ha de alabar a los miembros del personal de la Oficina Tracy por su conducta segura y ejemplar en esta emergencia.
3. Las uniones de tipo dresser no son diseñadas para mantener los tubos juntos. Los tubos que se introducen en este tipo de unión deben ser debidamente anclado y/o las uniones deben estar enlazadas con un dispositivo de sujeción, el cual consiste esencialmente de pernos que abrazan la unión y se fijan a proyecciones soldadas encima de los tubos. Las uniones de tipo dresser se utilizan cuando no hay suficiente tiempo para instalar otros tipos de uniones. También se utilizan para dar flexibilidad y permitir movimientos tales como la expansión y contracción de tubos. La ubicación, así como la selección del tipo de anclaje, soportes, uniones y dispositivos de sujeción para los tubos, son selecciones del diseñador y deben indicarse en los dibujos o comunicarse de alguna manera a los montadores de tuberías.
4. El incidente podría haberse evitado con el uso de dispositivos de sujeción en los tubos donde las uniones provisionales habían sido instaladas.
5. El incidente no afectó las entregas de agua a los contratantes en el distrito del Canal Delta-Mendota.

6. Quedaron dañados varios equipos, los que fueron completamente reparados o reparados provisionalmente hasta que se pudieran instalar reemplazos.

7. El costo total del incidente, incluyendo mano de obra, materiales y equipos para reactivar la planta, así como todos los reemplazos para asegurar una buena y segura marcha de la planta, fue de US\$111,000.

Las partidas 8 a 14 inclusive, se relacionan a los procedimientos regionales de operación de emergencia.

15. No existe ningún generador de emergencia o reserva alternativa de energía en la Oficina Tracy para asegurar la marcha continua de las bombas del sumidero.

16. La realización del reemplazo de tuberías en la Oficina Tracy es una obra muy complicada y de múltiples aspectos, que llega a ser hasta más complicada por falta de fondos y de mano de obra.

17. Debe realizarse otro repaso a nivel secundario de todas las modificaciones y reparaciones llevadas a cabo en la Planta de Bombeo Tracy.

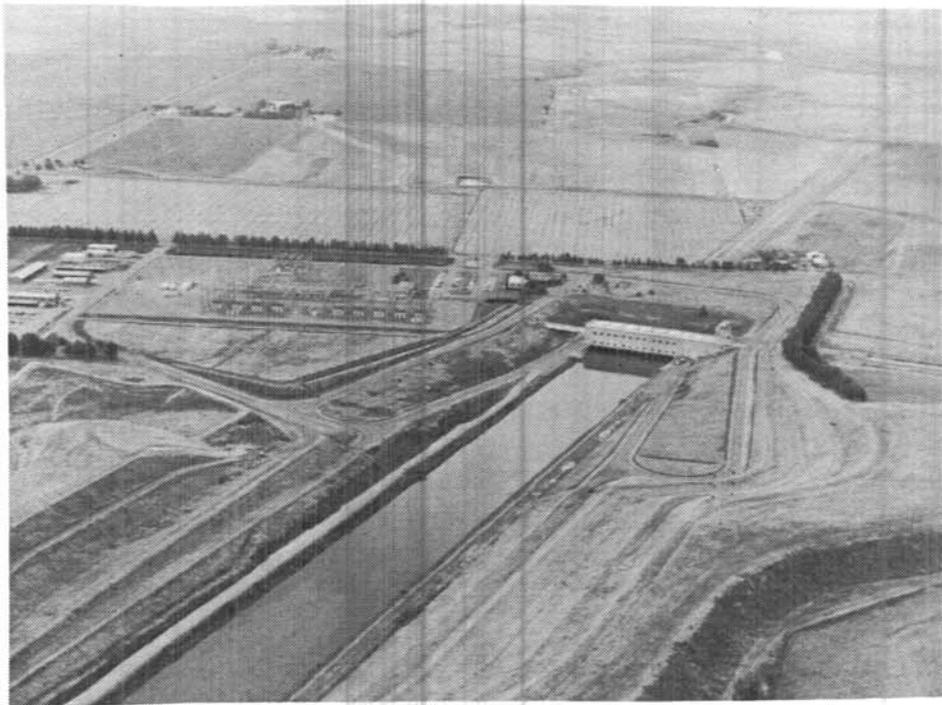


Foto 1.- Vista aérea hacia aguas arriba del Complejo de la Planta de Bombeo Tracy, en que se ven las oficinas, la playa de distribución y la planta de bombeo, la cual eleva el agua en 60 m hasta el canal Delta-Mendoza. La planta cuenta con seis bombas, cada una propulsada por motores eléctricos de 22.500 cf y capaces de bombear a razón de 21,7 m³/seg. La energía para la planta proviene de las centrales del proyecto Central Valley. 12/4/89

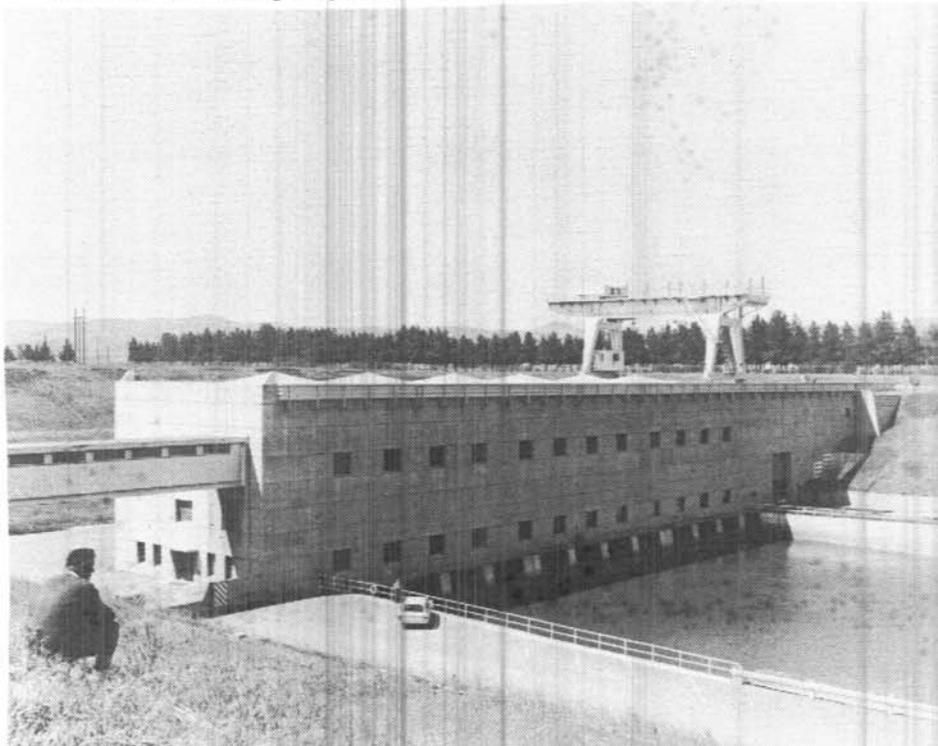


Foto 2.- Vista general de la planta de bombeo por el lado de las tomas. 14/4/66

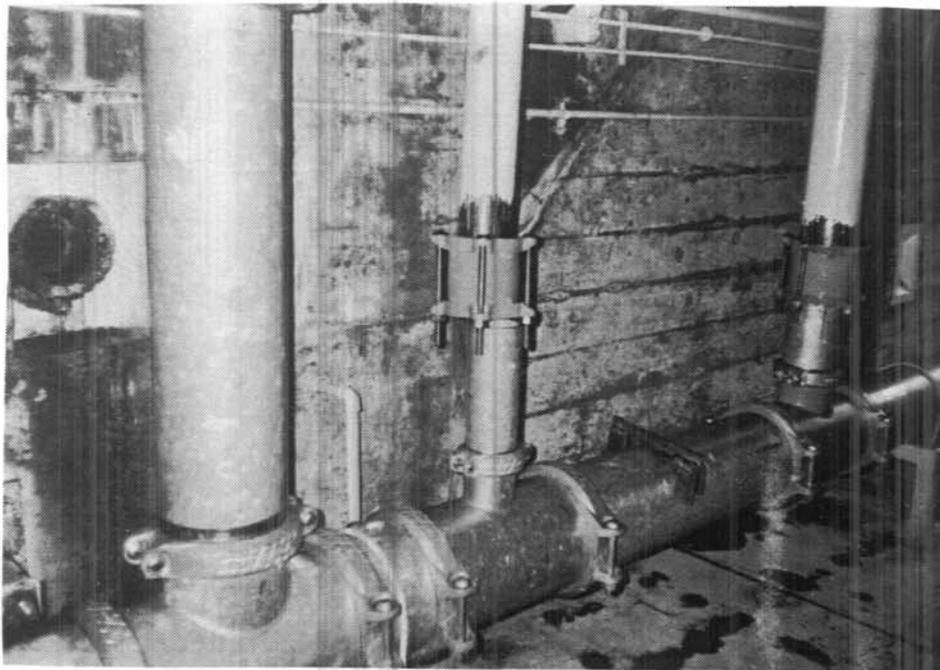


Foto 3.- La unidad 5 - Una unión de 10cm, de las dos que se partieron. La unión es típica de todas. Nótese también la unión de 15cm a la derecha de la foto.
18/1/91

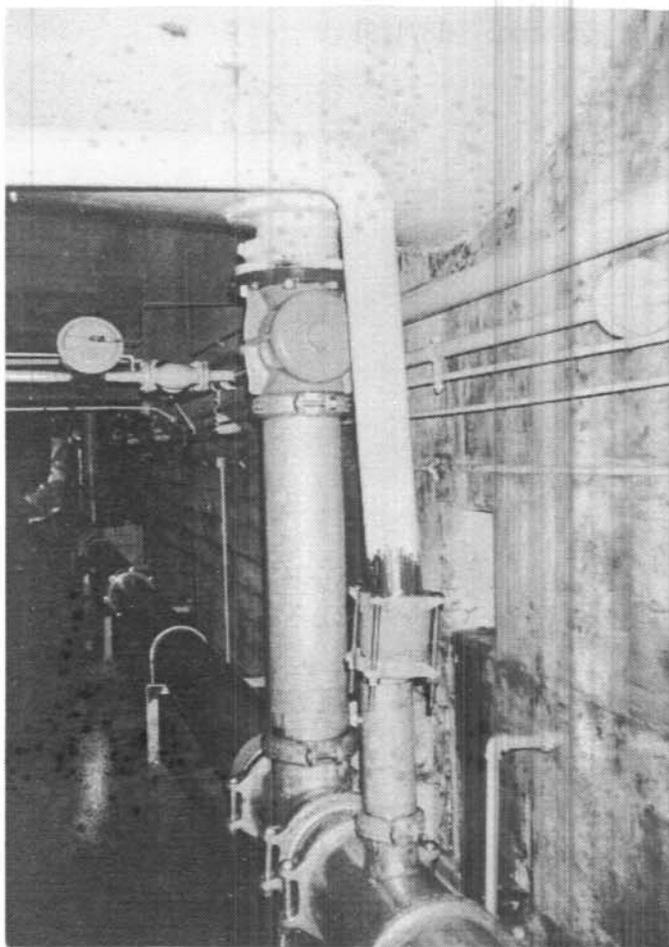


Foto 4.- Unidad 5 - Igual que la foto 3, distinta perspectiva. La válvula de 20cm es una de las que tuvieron que cerrarse bajo agua mientras salían fuertes chorros de la tubería de 10cm en el punto del acoplamiento.
18/1/91.

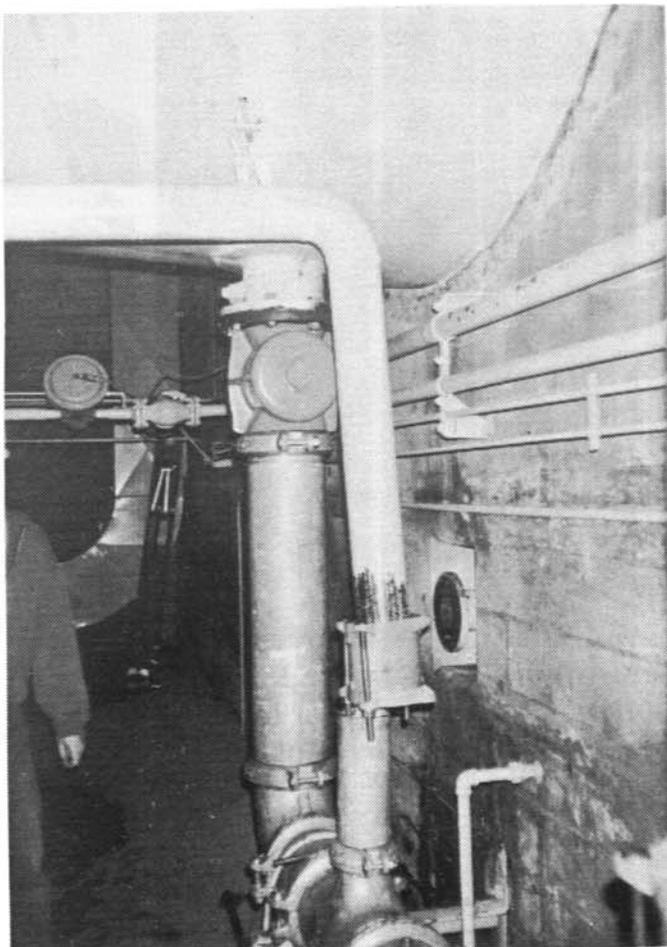


Foto 5.- Unidad 6 - La segunda unión que se partió. Nótese que el gancho en el codo no detiene el movimiento vertical. Una sujeción vertical no era necesaria antes del reacondicionamiento por ser que los tubos anteriores tenían acoplamientos de brida en el tubo de 25 cm. 18/1/91

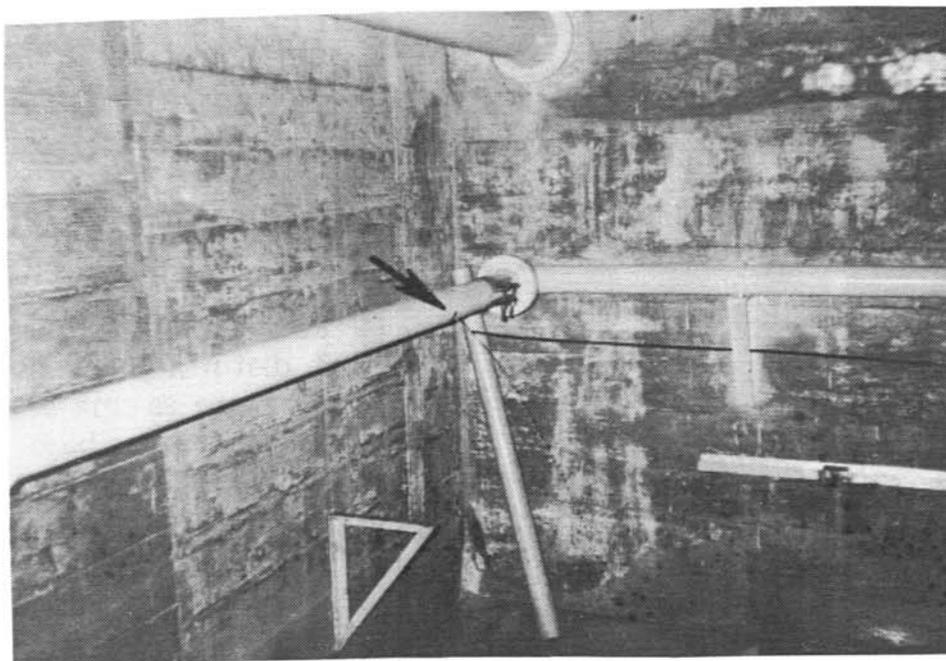


Foto 6.- Unidad 5 - La flecha indica un hoyo en la línea de 8 cm que debía reemplazarse. 18/1/91

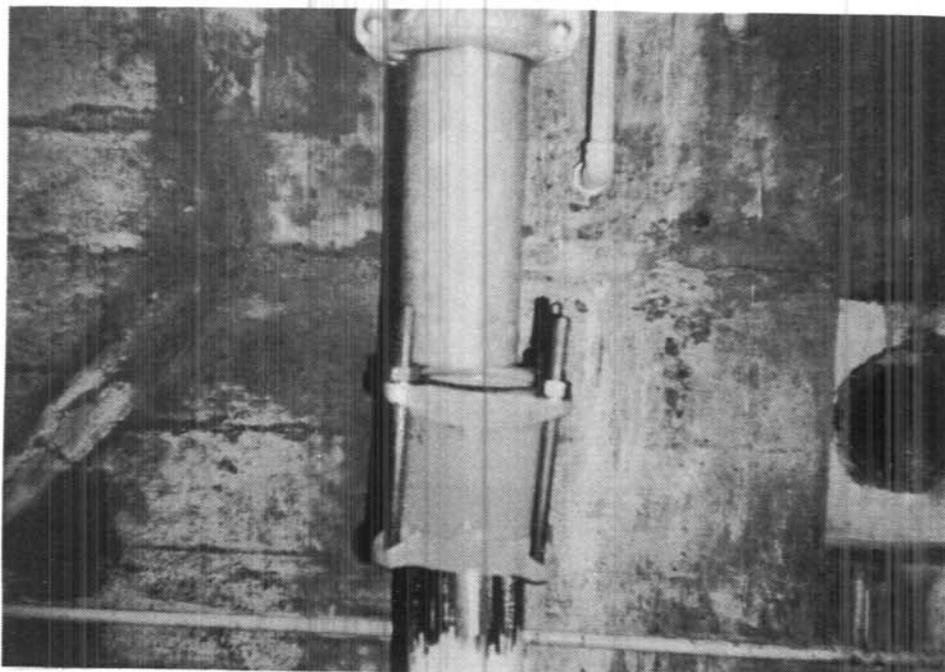


Foto 7.- Unidad 5 - Vista de cerca del acoplamiento desplazado. 18/1/91



Foto 8.- Unidad 5 - El nivel del agua marcaba un poco más de -2 en el limnómetro en su punto más elevado. Se ve aquí que el nivel del agua alcanzaba unos 46 cm por encima del escalón superior 18/1/91

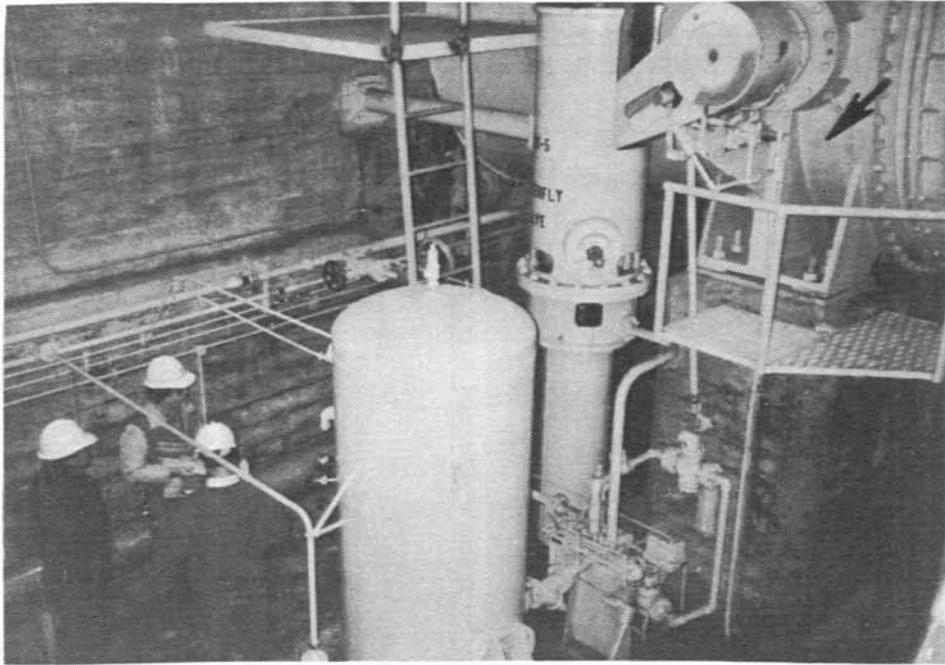


Foto 9.- Unidad 5 - La flecha indica el residuo de aceite, conforme bajaba el nivel del agua. 18/1/91

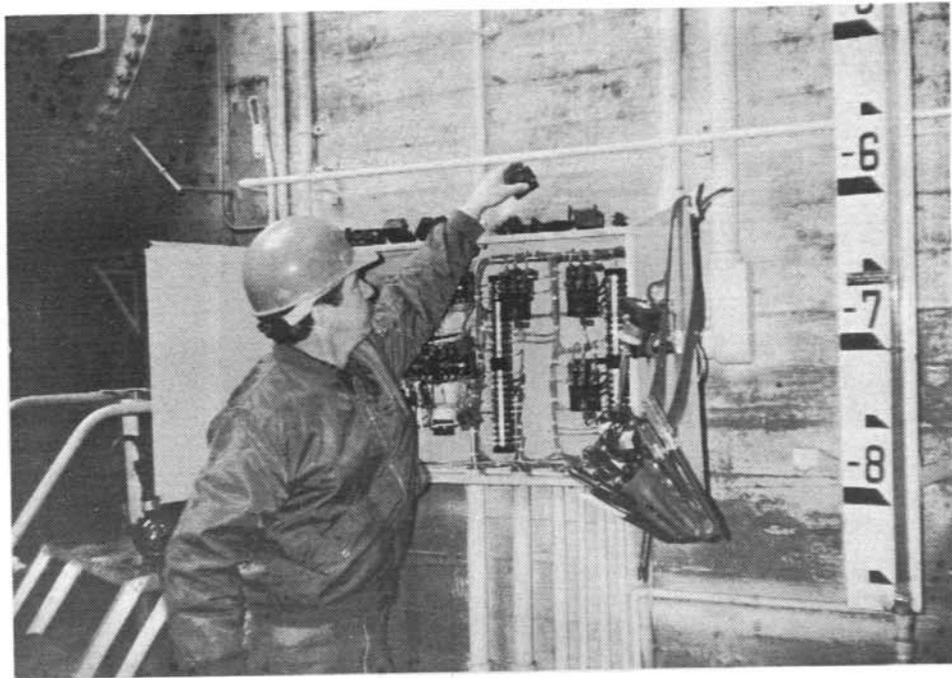


Foto 10.- Unidad 4 - Se limpia el tablero eléctrico que fue inundado. 18/1/91

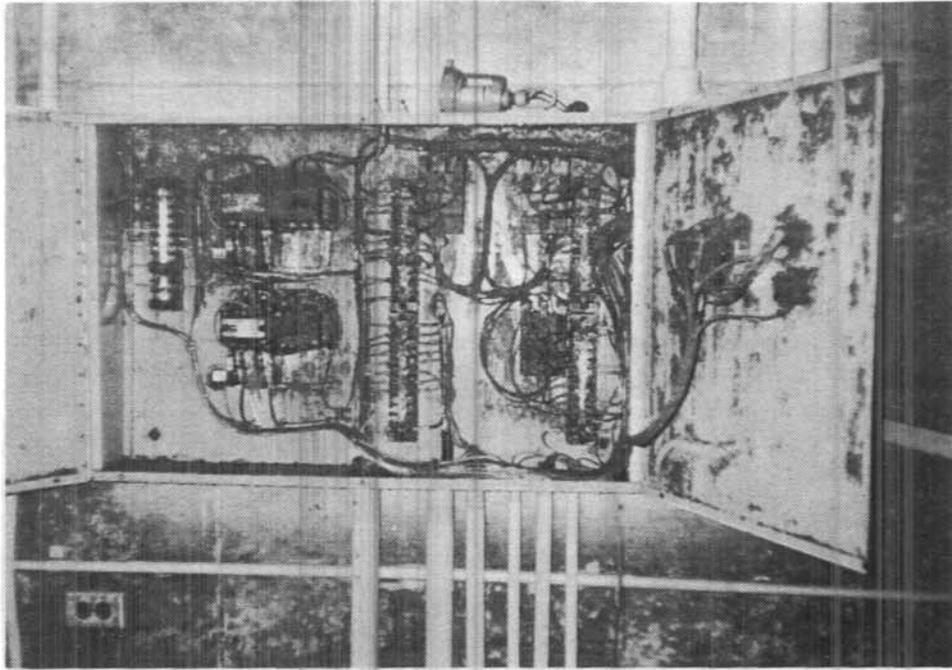


Foto 11.- Unidad 2 - El tablero eléctrico inundado antes de limpiarse. 18/1/91

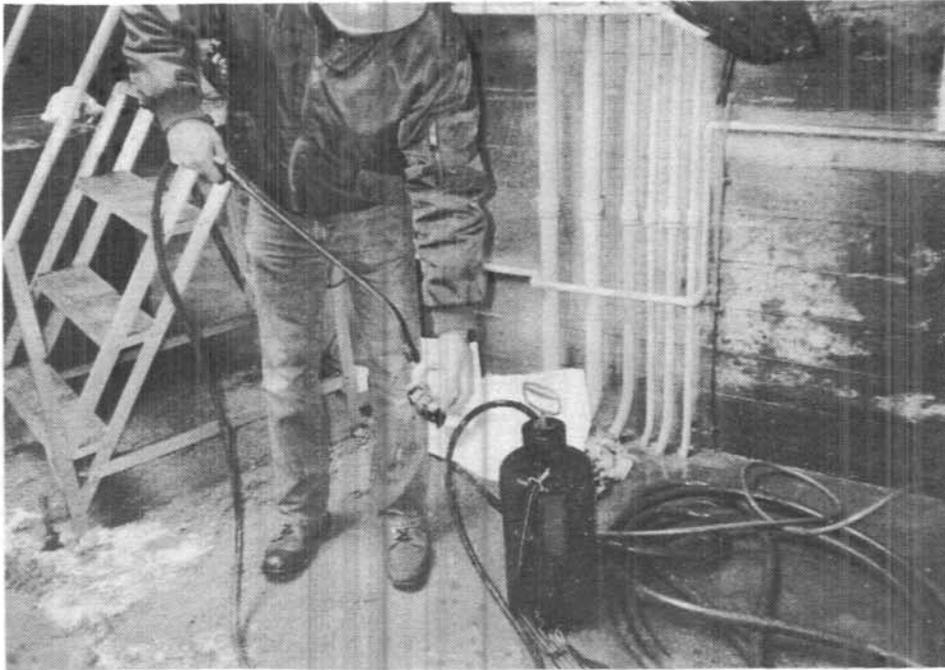


Foto 12.- Unidad 4 - Limpiando un componente eléctrico con agua. 18/1/91

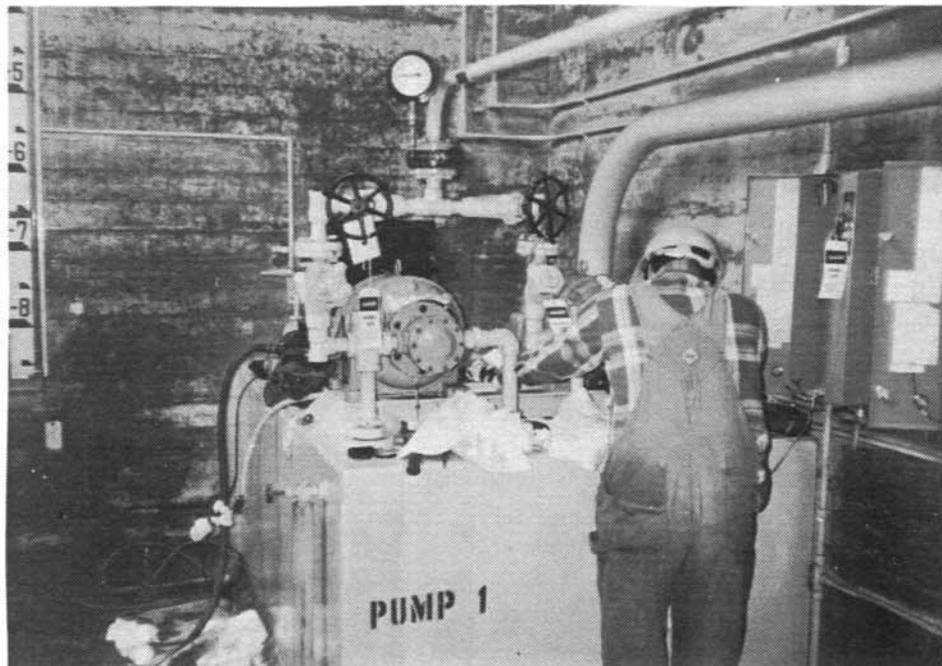


Foto 13.- Unidad 4 - Bombas de aceite con válvula mariposa hidráulica y sumidero. Los motores tuvieron que removerse para limpiar y secarlos 18/1/91



Foto 14. - Conducto de toma--aro recuperador de aceite. La nata se hunde por reposar el aro sobre derribos. 18/1/91

INVESTIGACIONES DEL BUREAU OF RECLAMATION SOBRE LAS
INSTALACIONES DE TRANSPORTE DE AGUA¹
(1946-1989)

por Chester W. Jones²

Desde los principios del riego, la necesidad de controlar las filtraciones en los canales ha sido evidente. En las zonas de suelos pervios, se requiere un revestimiento o sellador de canales para la conservación de agua que podría usarse para el riego, evitar la construcción de canales de mayores dimensiones de lo necesario a costos adicionales, y prevenir el anegamiento de terrenos regables contiguos, lo cual resultaría en el abandono de tierras arables, o en la instalación de un costoso sistema de drenaje agrícola para rebajar el nivel del manto freático y permitir el crecimiento de plantas. Una alternativa a un canal revestido es una cañería enterrada con juntas selladas.

En 1946, oficiales del Bureau iniciaron el primer programa de investigaciones por todas sus agencias, el que llegara a ser conocido como el Lower-Cost Canal Lining program (LCCL), o sea el programa de revestimientos de menor costo para canales. El objetivo principal del programa inicial era de mejorar la calidad de los revestimientos utilizados en esa época y desarrollar nuevos tipos de revestimientos, todos dentro de límites económicos. En 1967, para destacar la creciente importancia de las tuberías flexibles enterradas en los sistemas de riego, el programa Open and Closed Conduit Systems (OCCS), programa de sistemas de conducciones abiertas y cerradas, sucedió al programa LCCL. Además de los revestimientos de canales y tuberías, ambos programas incluían otras investigaciones de interés en las facilidades de transporte de agua.

Los miembros integrando este comité fueron escogidos de entre las oficinas del Bureau en Washington, D.C.; Denver; y Regionales, para encabezar y dirigir los programas LCCL y OCCS con la aprobación del Comisionado del Bureau of Reclamation. Las oficinas regionales del Bureau contrataron con el Servicio de Investigaciones Agrícolas del Departamento de Agricultura; distritos de riego; y universidades, todos dotados de capacidades particulares para suplementar los programas. En 1989, el Bureau puso término al programa OCCS. El programa del Bureau sobre tecnología hidráulica e investigaciones ambientales, Water Technology and Environmental Research Program, realiza ahora los estudios sobre estos temas.

¹Síntesis de un informe comprensivo sobre los programas del LCCL y OCCS.

²Ingeniero civil, jubilado en 1986 después de 40 años con el Bureau of Reclamation. Bachillerato de University of Maine; Maestría, Purdue University; y Miembro Vitalicio de la ASCE (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles)

Las investigaciones del LCCL y OCCS se realizaban de la manera la más económica, iniciándose cada nueva partida en el programa, donde factible, por estudios de laboratorio seguidos por demostraciones en el terreno. Los aspectos de las investigaciones que tuvieron éxito fueron adoptados en las concepciones y construcciones regulares del Bureau. Aunque sea posible calcular los ahorros de costos que resultan de estudios en casos específicos, muchos de los ahorros globales no son tangibles. Hasta los pequeños ahorros se acumulan en el transcurso de un largo período de tiempo cuando se trata de un gran volumen de construcción. Hasta la fecha, el Bureau ha construido una totalidad de más de 8000 kilómetros de revestimientos de canales y laterales, y 12.000 kilómetros de tuberías en las instalaciones de transporte hidráulico.

Revestimientos de Canal

Hormigón.- En 1946, el hormigón armado se consideraba como el tipo más permanente de revestimiento. Sin embargo, a un costo prohibitivo de US\$3,60m², no se posibilitaba su uso general, por cuanto imperaba desarrollar tipos menos costosos. En 1948, un comité especial examinó el diseño, la construcción y la eficacia de los revestimientos de canal de hormigón armado y no armado existentes. Algunos de los revestimientos protegían a canales en servicio desde principios de 1900. Basado en sus estudios, el comité recomendó no reforzar con acero los revestimientos de hormigón por no ser necesario excepto en casos especiales. El Bureau adoptó esta recomendación como política, resultando en un ahorro de 10 a 15 por ciento del costo total de los revestimientos de canal.

La investigación de muchos selladores de juntas y grietas elaborados por la industria para los revestimientos de hormigón, ha conducido al uso de materiales más durables y económicos.

Recientes estudios de revestimientos de hormigón se han enfocado en la reparación de superficies deterioradas, usando hormigones de polímero y humo de sílice. La evaluación de estas medidas de reparación continúa en sitio y, hasta el presente, su eficacia se considera ser superior a la de los métodos convencionales de reparación con hormigón.

Suelos.- Los revestimientos de tierra han progresado, yendo de suelos finos esparcidos en el prisma del canal, a revestimientos compactados de 60 a 122 cm de espesor. Se han establecido pautas para los tipos de suelos que se prestan para los revestimientos y para los requerimientos de óptima compactación. La compactación espesa, con el revestimiento de las pendientes laterales colocado en capas horizontales, suele ser el tipo preferido. Sin embargo, con los equipos de construcción modernos, grandes y anchos, los revestimientos

resultan a veces ser más espesos de lo necesario y cuestan más. Cuando se inició el programa LCCL, se reconoció la necesidad de equipos más eficientes que podrían compactar adecuadamente el suelo paralelo a las pendientes laterales del canal (usualmente 2H:1V) y aun ahora, persiste esta necesidad de equipos mejorados. Esto sería de valor no solamente para compactar revestimientos de canales en unas cuantas capas paralelas a la pendiente, sino también para canales no revestidos en suelos de fina granulometría en los que se podrían reducir considerablemente las filtraciones con sólo compactar el suelo en el canal.

Una de las primeras preocupaciones era el posible deterioro de los revestimientos de tierra en climas fríos debido a la acción del hielo/deshielo. Durante 25 años, se realizaron investigaciones intermitentes de revestimientos de suelos compactados selectos. El estudio se concentraba en los cambios en las propiedades del suelo que podrían afectar las características de las filtraciones. Se notaron algunas pérdidas de peso por unidad de suelo con el paso de los años, pero, en general, la eficacia de los revestimientos ha sido satisfactoria. Un importante descubrimiento que deriva de estas investigaciones ha sido que bajo condiciones normales del canal, la congelación de los sistemas cerrados (congelación del agua en los intersticios del suelo solamente) en suelos susceptibles al hielo en revestimientos compactados, tiende a consolidar el suelo y ayuda a mantener el peso unitario y aun a veces a incrementarlo un poco.

Asfalto.- En los años del 50 y 60, se realizaron extensas investigaciones de laboratorio y en sitio sobre el asfalto como material para revestir canales. Después del ensayo de muchos tipos de revestimientos de asfalto, la membrana enterrada con asfalto catalíticamente soplado se destacó como la norma en las construcciones del Bureau. En 1963, se instalaron 4.882.000 m² de membrana de asfalto aplicada en caliente y enterrada. A esa época, 19.807.000 m² de hormigón no armado, 7.445.000 m² de hormigón armado, y 10.732.000 m² de suelo compactado fueron colocados. Consecuente al embargo sobre el petróleo en 1973, el costo del asfalto aumentó mucho y esto, junto con los limitados abastecimientos de este producto especialmente refinado, resultó en la discontinuación del uso de este tipo de revestimiento. Muchos de los revestimientos de asfalto todavía existen en canales en servicio.

Membrana plástica.- Después de haber discontinuado el uso de revestimientos de membranas de asfalto, la membrana plástica enterrada ha llegado a ser la norma para el Bureau como revestimiento tanto para el reacondicionamiento de canales existentes como para los canales nuevos en zonas que no se prestan para revestimientos de suelo compactado o de hormigón. Con la cooperación de los fabricantes, se vienen realizando ensayos de

laboratorio y pruebas prácticas de los nuevos materiales a medida que se perfeccionan éstos. Se han sacado muestras de los revestimientos de canales en servicio para realizar pruebas de laboratorio y determinar los efectos del envejecimiento. Aunque el cloruro de polivinilo (PVC) ha sido el tipo predominante de plástico utilizado, se han utilizado hasta cierto punto otros polietilenos de baja densidad y materiales plásticos. El PVC ha sido la membrana de selección por las siguientes razones:

- a. El PVC permanece flexible bajo una amplia graduación de temperaturas, permitiendo plegar las membranas en forma compactada para expedición y manejo.
- b. El PVC se obtiene en grandes sábanas (hasta 27 metros de ancho y de 90 a 180 metros de largo).
- c. El PVC se empalma fácilmente y se puede reparar en el mismo sitio por medio de aglutinación.
- d. El PVC es resistente a punzadas, roturas y abrasiones.

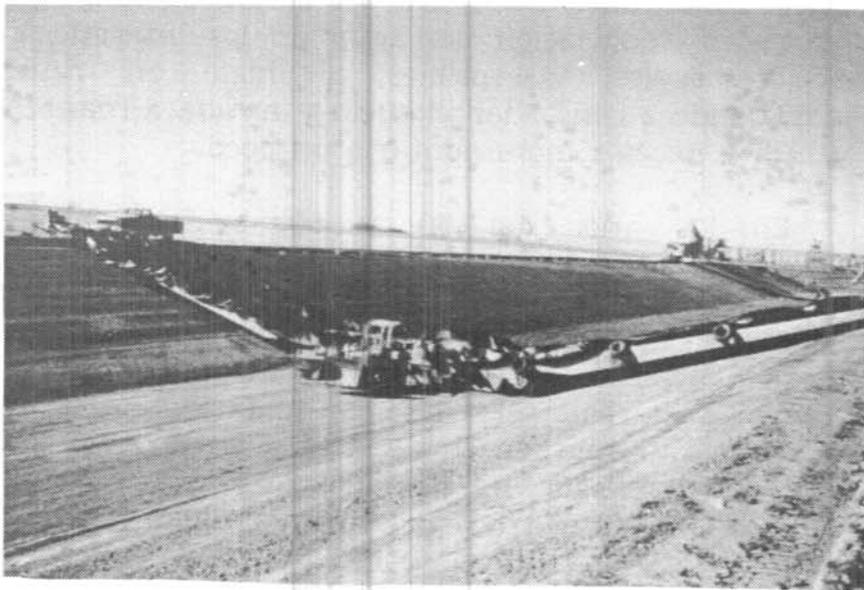


Figura 1. - El método moderno de instalación de revestimientos de membrana plástica en una superficie de suelo nivelada a máquina. (Foto cortesía de Alberta Environment, Alberta, Canadá.)

Una desventaja relativamente menor del PVC es la pérdida con el tiempo de su carácter plastificante, un componente que rige el grado de flexibilidad del revestimiento. Hace unos 10 años, el espesor recomendado para los revestimientos de plástico fue incrementado de 10 a 20 milésimas (mil). Desde aquel tiempo, los contratistas han

desarrollado equipos para nivelar la superficie de base, depositar la membrana y agregar suelo protectoro por cinturón transportador, lo cual reemplaza los anteriores métodos de colocación a mano y recubrimiento por draga.

Ha existido por mucho tiempo la necesidad de un modo práctico de revestir los canales que están en servicio constante. En los años de los 50 y 60, se intentó formar revestimientos bajo agua con inyecciones de asfalto en el suelo de fondo del canal o por sumersión de esteras de asfalto, pero no sirvieron estas soluciones. En mayo de 1989, se inició una demostración sobre un tramo de 2,41 km del Canal de Coachella en el sur de California mientras estaba en servicio el canal. El revestimiento consistía de un PVC de 30 mil con una membrana geosintética no tejida adherida a su superficie y cubierta con una capa protectora de hormigón de 8 cm. Esta demostración había sido precedida por estudios de laboratorio sobre modelo hidráulico para formular una mezcla de hormigón que permanecería estable en una pendiente lateral de 2,5H:1V, sin peligro de ser erodada por la corriente de agua antes de endurecerse el hormigón. El revestimiento fue instalado primero en la mitad del perfil del canal para permitir al agua fluir alrededor de la construcción. Después de completarse 300 metros en la mitad del canal, la construcción fue suspendida debido a las condiciones climáticas del verano y a las condiciones de operación del canal que no eran favorables para la construcción del revestimiento, así como para resolver algunos problemas de colocación del revestimiento. El programa de demostración de revestimientos subacuáticos quedó terminado en marzo de 1991. El costo de este amplio proyecto fue sufragado por el Bureau of Reclamation, el Metropolitan Water District of Southern California y el Coachella Valley Irrigation District. Gran parte de la experiencia obtenida en materia del desarrollo de revestimientos subacuáticos se debía a las investigaciones realizadas bajo los programas del LCCL y OCCS en el curso de muchos años.

Aunque los revestimientos de PVC son eficaces para controlar las filtraciones, se antipan mejoras en los plásticos y otros materiales para revestimientos del tipo membrana. Se vienen evaluando los polietilenos de muy baja densidad y materiales de aleaciones de interpolímero etileno para revestimientos de membranas enterradas. Los revestimientos de plástico también se estudian para aplicaciones especiales tales como (1) reparación de revestimientos de hormigón deteriorados; (2) revestimientos de fondo para suelos donde las filtraciones son principalmente en sentido vertical; y (3) revestimientos expuestos, especialmente en áreas donde no hay suelos apropiados para una capa protectora. Conforme vaya envejeciendo y deteriorándose la infraestructura hidráulica de la nación, el uso de revestimientos de plástico parece ser un método viable de reparación, especialmente bajo condiciones adversas tales

como acceso limitado, mal tiempo, o cortos periodos de paro de servicio en que realizar los trabajos.

Un estudio a largo plazo de la estabilidad de los suelos granulares de cubierta de los revestimientos de membrana ha resultado en la adopción de pautas aplicables al uso de limites de graduación para los

suelos apropiados. La máxima velocidad del flujo de agua en canales con revestimientos de membranas enterradas queda limitada por la resistencia a la erosión de la capa de suelo que se haya utilizado.

Selladores de Canal

Bentonita.- Un viejo método para reducir provisionalmente las filtraciones de canales era la deposición de sedimentos transportados por agua sobre el perímetro del canal. Esto ocurre naturalmente en algunos canales que acarrean sedimentos o puede provocarse al esparcir suelo fino en el canal arriba de una zona de filtración conocida. Desde 1951 hasta mediados de los años del 60, el Bureau y colaboradores universitarios realizaron extensos estudios de laboratorio y prácticos con bentonita finamente molida como un agente sedimentario acarreado por el agua. El bentonita es una forma de arcilla expansiva consistiendo principalmente de montmorillonita que ocurre naturalmente en algunos lugares, particularmente en los estados de Wyoming y Montana. Sin embargo, las partículas finas de bentonita, completamente ensanchadas en el agua, no penetraban en el suelo como se esperaba para formar un sello eficaz de larga duración. Se formaba una capa superficial que estaba sujeta a encogimiento y erosión por el agua fluyente. Estudios petrográficos mostraron que aunque algunas de las partículas de bentonita eran más pequeñas que los intersticios en el suelo, eran planas y se solapaban lo suficiente para formar puentes por encima de los intersticios en la superficie del suelo. Algunos distritos de riego han utilizado cenizas gruesas y otros materiales como sellos provisionales.

Productos químicos.- La industria ha desarrollado una variedad de productos químicos que fueron concebidos para ser introducidos en el agua de canales donde las mismas filtraciones les hacen penetrar en el suelo a una profundidad adecuada, reduciéndose así las filtraciones. Aunque algunos de los selladores químicos parecían ser prometedores en las pruebas de laboratorio, los ensayos en el campo revelaron una eficacia de poca duración, generalmente por una sola temporada de riego. Aplicaciones frecuentes y repetidas no serían económicas. Todavía existen esperanzas de que un sello más económico y duradero podrá ser desarrollado para controlar las filtraciones.

A mediados de los años del 60, un granjero en California descubrió que un fertilizante de amoníaco anhidro fluyendo por una cañería de

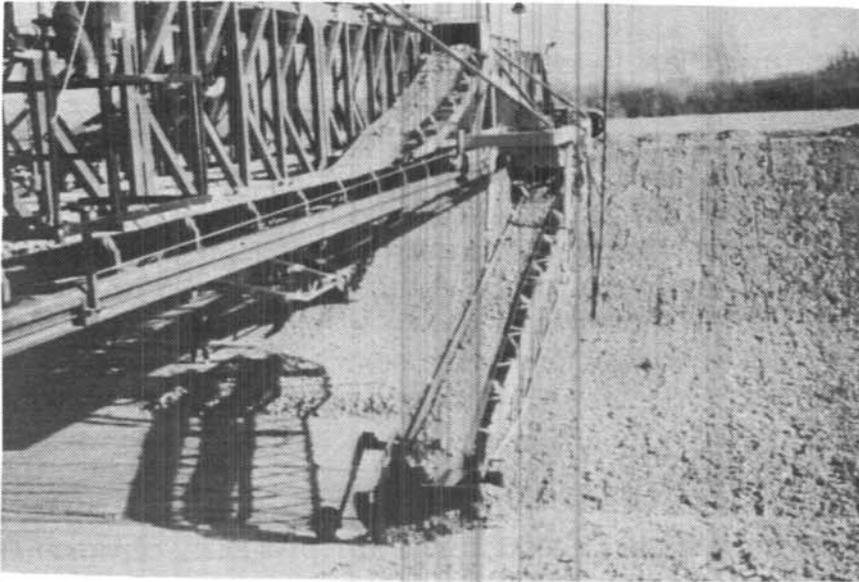


Figura 2.- Sistema de cinturón transportador depositando una cubierta de suelo sobre la membrana de revestimiento. Vista después de la instalación del revestimiento en la extrema derecha de la foto anterior. (Foto cortesía de Alberta Environmental, Alberta, Canadá.

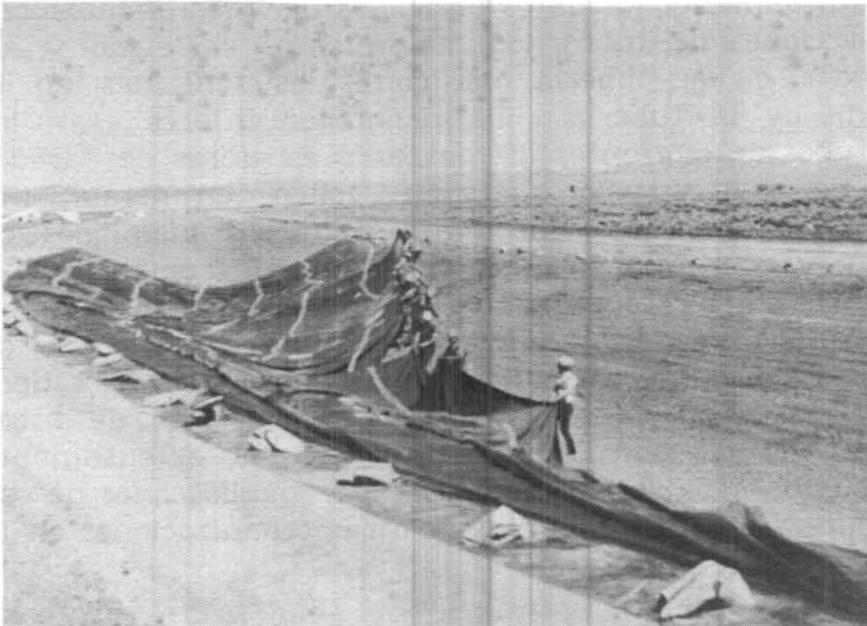


Figura 3.- Un viejo método de colocación de membranas plásticas. Se cubría con suelo la membrana, utilizando una draga en la berma.

hormigón parecía tapar las fugas. Investigaciones demostraron que esto se producía cuando el agua que acarrea el amoníaco contenía ciertos elementos químicos, particularmente el calcio. Por reacción a los elementos químicos, ocurre una precipitación del carbonato de calcio en las grietas del hormigón, sellándolas. Sin embargo, el uso de este método de sellar hormigón ha sido limitado por la toxicidad del amoníaco para los que lo manejan, así como las propiedades corrosivas de los elementos químicos sobre el sistema de riego y el cuidado requerido en la eliminación de las soluciones químicas después de tratarse la tubería.

Tubos Flexibles Enterrados

A fines de los años del 60, el Bureau inició un programa comprensivo de pruebas de laboratorio y prácticas sobre los tubos flexibles de acero y plástico. Aunque las pruebas se realizaron principalmente en los tubos de mortero de plástico reforzado, se incluyeron también tubos de polietileno, PVC y fibra de vidrio reforzada con plástico. Una parte esencial de las investigaciones fue la prueba en laboratorio a gran escala de tubos enterrados en suelo contenido en un gran envase de acero, con la superficie del suelo comprimida por una máquina probadora. Para cada prueba de laboratorio, conforme se aumentaba la compresión hasta el punto de fallar el tubo, se registraban continuamente los datos obtenidos de instrumentos que medían las deflexiones de tubos, los movimientos del suelo y las presiones alrededor de la tubería, así como las tensiones en la superficie interna de la tubería. De particular interés eran las deflexiones de tubos de diferentes diámetros y espesores de paredes bajo condiciones de carga y suelos que suelen ocurrir en instalaciones en el campo. Asimismo, las deflexiones de tubos instalados en pruebas de campo y en sistemas de riego existentes fueron medidas a intervalos regulares para recoger datos sobre el funcionamiento a largo plazo. El análisis de estos datos permitió la formulación de pautas sobre la instalación de tubos flexibles en suelos de varios tipos y grados de compactación en los cuales las deflexiones de tubos quedan dentro de límites admisibles. Estas pautas, extensamente divulgadas en reuniones de sociedades técnicas y publicaciones de esa índole, han sido utilizadas por el Bureau y otras organizaciones en la concepción y construcción de cañerías.

Drenaje

En el curso de los últimos 25 años, las tuberías perforadas de plástico corrugado han reemplazado largamente las tuberías de hormigón de juntas abiertas y de arcilla en las nuevas instalaciones de drenaje agrícola. El Bureau ha prestado su concurso a los fabricantes en desarrollar tuberías de plástico, realizando sus propias pruebas de tuberías en el laboratorio y observando de cerca las instalaciones en

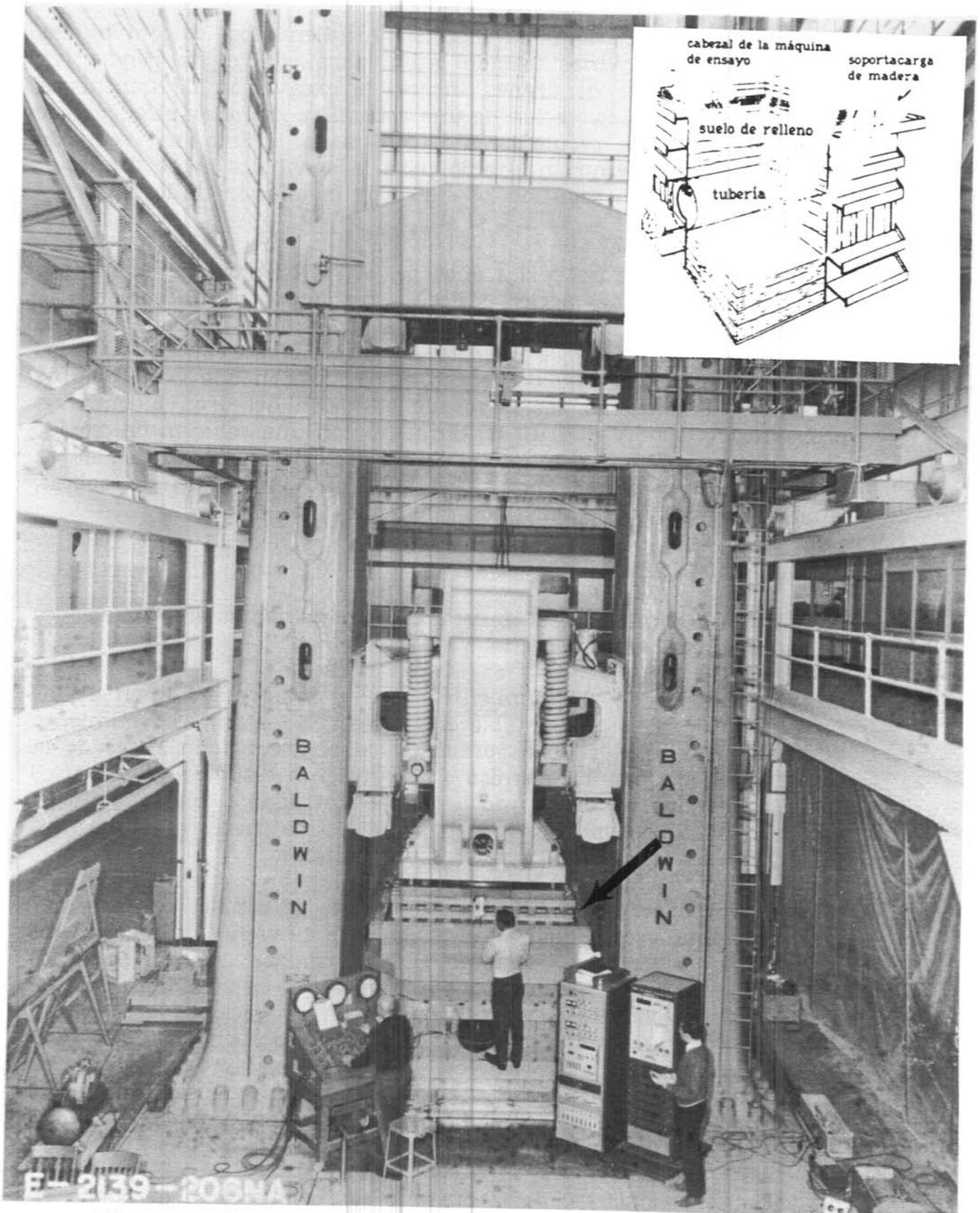


Figura 4.- Pruebas de laboratorio a gran escala de tubería flexible. A la derecha, el diseño superior muestra la tubería enterrada en el gran envase de acero indicado por la flecha en la fotografía.

el campo para determinar su eficacia. Así alentados, los contratistas han adaptado máquinas usando lasers para control de pendientes; instalación continua de drenes, incluso la excavación de trincheras, colocación de tubos, colocación de una cobertura granular alrededor de las tuberías y el recubrimiento con suelo. Esto ha reducido enormemente el tiempo necesario para la construcción de drenes y por lo tanto, se han reducido los costos de instalación de los sistemas de drenaje.

Empezando a mediados de los años del 60, la obstrucción de tubos o tuberías en los drenes agrícolas llegó a ser un problema debido a la acumulación de ocre, una sustancia gelatinosa formada por la presencia de bacterias que reducen el hierro. El Bureau llevó a cabo pruebas de laboratorio y de campo que revelaron que el método de punzar y dimensionar los hoyos de admisión del dren afectaba el problema del ocre y que un tratamiento con una solución de dióxido de azufre ayudaba a eliminar el ocre. Posteriormente, el dióxido de azufre fue reemplazado por ácido sulfámico en forma de bolitas, igualmente eficaz y de aplicación más segura.

Otras Investigaciones

Bajo los programas del LCCL y OCCS, las siguientes investigaciones habían sido realizadas.

a. El desarrollo de procedimientos para estimar el volumen de las filtraciones de canales y establecer la necesidad de un revestimiento de canal basado en pruebas prácticas de permeabilidad antes de la construcción del canal. Asimismo, se hicieron estudios sobre varios métodos (llenado de un tramo de canal, entrada y salida de flujos, medición de filtraciones, piezómetros, etc.) para medir o estimar las filtraciones en canales no revestidos y revestidos.

b. La incorporación de aditivos en los suelos de canales para reducir las filtraciones y/o estabilizar el suelo para prevenir erosión. Estos han incluido el cemento portland, asfalto, cenizas volantes y varios productos químicos. Aunque estos materiales no se usan actualmente en la práctica normal, los registros de investigaciones están a la disposición del público y algunos de estos aditivos podrían usarse en el futuro bajo condiciones favorables. Tras investigaciones realizadas en el laboratorio, la cal fue eficaz en estabilizar grandes cantidades de arcilla expansiva en las pendientes laterales y en el fondo del Canal Friant-Kern en California.

c. Estudios prácticos y de laboratorio sobre la erosión de suelos en canales no revestidos y revestidos con tierra. Esto ha conducido a diseños y la construcción de canales con menos erosión de suelos.

d. Estudios sobre el manejo de las facilidades de transporte de agua. Aunque la información no sea reciente, se han hecho comparaciones de costos entre la construcción y la operación y mantenimiento (O&M) de canales y el uso de tuberías enterradas, destacando las ventajas y desventajas de cada uno.

e. Estudios de suelos, aguas superficiales y condiciones climáticas causando levantamientos por acción del hielo y los daños consecuentes a la estructura de canales, particularmente los revestimientos de hormigón. Métodos para evitar daños por acción del hielo fueron propuestos.

f. Pruebas hidráulicas de laboratorio sobre el control del agua y dispositivos de medición de agua para el riego, y modelos de estructuras de canales para resolver problemas especiales.

g. Un estudio especial de los riesgos que presentan los canales, así como la eficacia relativa y los costos comparativos de varios medios de prevención para reducir estos riesgos. Esto ha conducido a más conocimientos y cambios en el diseño de canales, lo cual ha mejorado la seguridad pública y la preservación de la vida humana y animal (particularmente el venado).

h. Investigaciones biológicas en busca de métodos seguros para eliminar plantas no deseables en canales y en los derechos de paso, sin causar daños al medio ambiente. Esto ha incluido pruebas de laboratorio y campo de los herbicidas producidos por la industria antes de aceptarlos para uso rutinario. Asimismo, se han estudiado las invasiones de almejas asiáticas y los métodos para controlarlas. En ciertos canales, las almejas se han acumulado en números suficientes para limitar en forma considerable la capacidad de los canales, por lo que impera su eliminación.

La Misión del Bureau of Reclamation

El Bureau of Reclamation, dependencia del Departamento del Interior de los Estados Unidos, es responsable del desarrollo y conservación de los recursos hidráulicos del país en el Oeste de los Estados Unidos.

El propósito original del Bureau, o sea "disponer el desarrollo de las tierras áridas y semi-áridas del Oeste", hoy en día cubre una amplia gama de funciones interrelacionadas. Estas incluyen suministrar fuentes de aguas municipales e industriales; generación de energía hidroeléctrica; agua de riego para el uso agrícola; mejoramiento de la calidad del agua; control de avenidas; navegación fluvial, regulación y control de ríos; enriquecimiento de la fauna y peces; actividades deportivas al aire libre; y la investigación en diseños hidráulicos, construcción, materiales, control de la atmósfera y energía eólica y solar.

Los programas del Bureau son frecuentemente el resultado de una estrecha cooperación con el Congreso de los Estados Unidos, otras agencias federales, los gobiernos estatales y locales, instituciones académicas, organizaciones de usuarios de agua y otros grupos interesados.

El propósito de este Boletín es el de servir como un medio de intercambio de información sobre la explotación y el mantenimiento. Su éxito depende de la participación de los lectores en obtener y someter ideas nuevas y provechosas de E&M

Ponga de relieve la ingeniosidad de su Distrito o Proyecto con la publicación de un artículo en el boletín. Comuníquese con nosotros pronto!